

**- Zona I: Microcuenca Shahuindo**

Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Tabla 7-22, la concentración de mercurio total en el punto SED- QChu2 (0,9419 mg/kg), SED- QCho2 (1,945 mg/kg) y SED-QSha1 (1,306 mg/kg) en marzo-2018, superaron referencialmente el estándar de la concentración PEL (0,49 mg/kg). Los puntos SED-QChu1 (<0,03 y <0,0056 mg/kg) en el 2017 y 2018 respectivamente, SED-QChu1b (<0,0056 mg/kg), SED-QLVie1 (<0,0056 mg/kg), SED-QCho1A (<0,0056 mg/kg), SED-QCho1b (<0,0056 mg/kg) en marzo-2018; los puntos SED-QCho1 (<0,03 mg/kg) y SED-Qs/n1 (<0,03 mg/kg), SED-QCho2 (0,14 mg/kg) y SED-QSha1 (0,05 mg/kg) en mayo-2017, no superaron los valores ISQG (0,17 mg/kg) y PEL (0,49 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre <0,0056 y 1,945 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QCho2 en marzo-2018.

Tabla 7-22. Concentración de mercurio total en la zona I: Microcuenca Shahuindo

Concentración de mercurio total (Hg) – mg/kg MS				
Zona I: Microcuenca Shahuindo				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QChu1	<0,03	<0,0056	0,17	0,49
SED-QChu1b	-	<0,0056		
SED-QChu2	<0,03	0,9419		
SED-QLVie1	-	<0,0056		
SED-QCho1A	-	<0,0056		
SED-QCho2A	-	<0,0056		
SED-QCho2	0,14	1,945		
SED-QSha1	0,05	1,306		
SED-QCho1	<0,03	-		
SED-Qs/n1	<0,03	-		

Excedió sólo el valor ISQG

Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona II: Microcuenca Crisbamba

En la zona II, como se puede observar en la Tabla 7-23, las concentraciones de mercurio total en mayo-2017 en el punto SED-QCol2 (0,48 mg/kg), superó referencialmente el estándar de la concentración ISQG (0,17 mg/kg). Los puntos SED-QAra1 (<0,03 mg/kg), SED-QAra2 (0,04 mg/kg) y SED-QCol1 (<0,03 mg/kg) no superaron el estándar de la concentración ISQG (0,17 mg/kg) y PEL (0,49 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre <0,03 y 0,48 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QCol2 en mayo-2017. Es importante resaltar que para esta zona evaluada no se colectó muestra de sedimento en marzo-2018.



Tabla 7-23. Concentración de mercurio total en la zona II: Microcuenca Crisbamba

Concentración de mercurio total (Hg) – mg/kg MS				
Zona II: Microcuenca Crisbamba				
Código	mayo- 2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QAra1	<0,03	-	0,17	0,49
SED-QAra2	0,04	-		
SED-QCol1	<0,03	-		
SED-QCol2	0,48	-		

Excedió sólo el valor ISQG

Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona III: Subcuenca Condebamba

Respecto a la zona III, como se puede apreciar en la Tabla 7-24, las concentraciones de mercurio total en todos los puntos se encuentran por abajo del límite de cuantificación. Por lo tanto, ningún punto superó referencialmente los valores ISQG (0,17 mg/kg) y PEL (0,49 mg/kg).

Tabla 7-24. Concentración de mercurio total en la zona III: Subcuenca Condebamba

Concentración de mercurio total (Hg) – mg/kg MS				
Zona III: Subcuenca Condebamba				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-RCon1	<0,03	-	0,17	0,49
SED-RUru1	<0,03	-		
SED-QLan1	<0,03	-		
SED-RCon2	-	<0,0056		
SED-RCon3	<0,03	<0,0056		
SED-RChi2	<0,03	-		

Excedió sólo el valor ISQG

Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona IV: Microcuenca Cañarís

En la zona IV, como se puede observar en la Tabla 7-25, la concentración de mercurio total en el punto SED-RCai1 (0,26 mg/kg) y SED-RCañ2 (0,18 mg/kg) en mayo-2017, superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (0,17 mg/kg). Los puntos SED-RCañ2 (<0,03 y <0,0056 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, SED-RCai1 (<0,0056 mg/kg) y SED-RCañ2 (<0,0056 mg/kg) en marzo-2018, no superaron la concentración ISQG (0,17 mg/kg) y PEL (0,49 mg/kg). Los valores de las concentraciones se encontraron entre <0,0056 y 0,26 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QCai1 en mayo-2017.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including an arrow pointing to the stamp.

**Tabla 7-25. Concentración de mercurio total en la zona IV: Microcuenca Cañarís**

Concentración de mercurio total (Hg) – mg/kg MS				
Zona IV: Microcuenca Cañarís				
Código	mayo-2017	Marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QCai1	0,26	<0,0056	0,17	0,49
SED-RCañ1	<0,03	<0,0056		
SED-RCañ2	0,18	<0,0056		

Excedió sólo el valor ISQG

Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona V: Microcuenca El Pacae

Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Tabla 7-26, la concentración de mercurio total en los puntos SED-QLMer2 (0,2143 mg/kg) en marzo-2018, superó referencialmente el estándar de la concentración ISQG (0,17 mg/kg). La concentración de mercurio total en los puntos SED-QRMach1 (0,8686 mg/kg), SED-QLMer1 (1,048 mg/kg) y SED-QEPac1 (1,269 mg/kg) en marzo-2018, superaron referencialmente el estándar de la concentración PEL (0,49 mg/kg). Los puntos SED-QSau1 (<0,03 y 0,0428 mg/kg), SED-QHig1 (0,09 y <0,0056 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, SED-QLMer1 (<0,03 mg/kg), SED-QSau1 (<0,03 mg/kg), SED-QHig1 (0,09 mg/kg), SED-QEPac1 (<0,03 mg/kg) y SED-QChie1 (<0,03 mg/kg) en marzo-2018, no superaron la concentración ISQG (0,17 mg/kg) y PEL (0,49 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre <0,0056 y 1,269 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QEPac1 en marzo-2018.

Tabla 7-26. Concentración de mercurio total en la zona V: Microcuenca El Pacae

Concentración de mercurio total (Hg) – mg/kg MS				
Zona V: Microcuenca El Pacae				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QRMach1	-	0,8686	0,17	0,49
SED-QLMer1	<0,03	1,048		
SED-QLMer2	-	0,2143		
SED-QSau1	<0,03	0,0428		
SED-QHig1	0,09	<0,0056		
SED-QEPac1	<0,03	1,269		
SED-QChie1	<0,03	<0,0056		

Excedió sólo el valor ISQG

Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona VI: Microcuenca Chiraque

En la zona VI, como se puede observar en la Tabla 7-27, Las concentraciones de mercurio total en todos los puntos de muestreo se encuentran por abajo del límite de



cuantificación. Por lo tanto, ningún punto superó referencialmente los valores ISQG (0,17mg/kg) y PEL (0,49mg/kg).

Tabla 7-27. Concentración de mercurio total en la zona VI: Microcuenca Chiraque

Concentración de mercurio total (Hg) – mg/kg MS				
Zona VI: Microcuenca Chiraque				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QMoy1	<0,03	-	0,17	0,49
SED-QMoy2	<0,03	<0,0056		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado

Zona VII: Microcuenca Shingomate

Respecto a la zona VII, como se puede apreciar en la Tabla 7-28, la concentración de mercurio total en el punto SED-QShi1a (0,7183 mg/kg) en marzo-2018, superó referencialmente el estándar de la concentración PEL (0,17 mg/kg). Los puntos SED-QShi1 (<0,03 y <0,0056 mg/kg), SED-QShi2 (0,14 y <0,0056 mg/kg) en el 2017 y 2018 respectivamente, SED-QChil1 (<0,0056 mg/kg), SED-QShi1b (<0,0056 mg/kg), SED-QEGra1 (<0,0056 mg/kg), SED-QShi1c (<0,0056mg/kg), SED-QCab1 (<0,0056 mg/kg) en marzo-2018, no superaron la concentración ISQG (0,17 mg/kg) y PEL (0,49 mg/kg). Los valores de las concentraciones se encontraron entre <0,0056 y 0,7183mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QShi1a en marzo-2018.



Tabla 7-28. Concentración de mercurio total en la zona VII: Microcuenca Shingomate

Concentración de mercurio total (Hg) – mg/kg MS				
Zona VII: Microcuenca Shingomate				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QShi1a	-	0,7183	0,17	0,49
SED-QChil1	-	<0,0056		
SED-Qshi1b	-	<0,0056		
SED-QEGra1	-	<0,0056		
SED-QShi1c	-	<0,0056		
SED-QCab1	-	<0,0056		
SED-QShi1	<0,03	<0,0056		
SED-QShi2	0,14	<0,0056		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado

e. Plomo total

En la Figura 7-36, se presentan las concentraciones de plomo total en las siete zonas evaluadas en mayo-2017 y marzo-2018.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

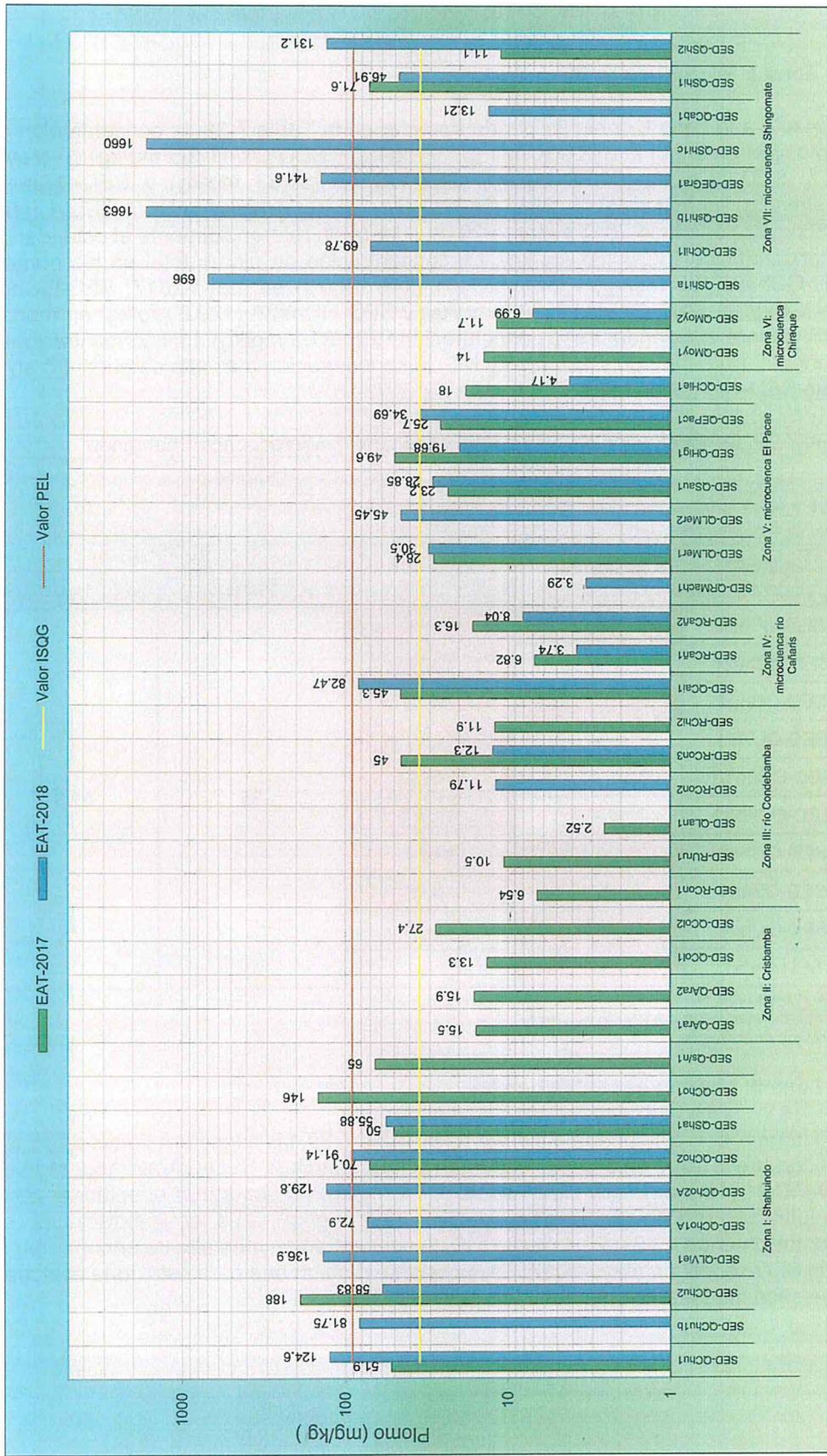


Figura 7-36. Concentraciones de plomo total comparadas referencialmente con el CEQG (2014) en las zonas evaluadas

Stamp: ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
 Handwritten signatures: [Illegible]

**- Zona I: Microcuenca Shahuindo**

Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Tabla 7-29, la concentración de plomo total en el punto SED-QChu1 (51,9 mg/kg) y SED-Qs/n1 (65 mg/kg) en mayo-2017, SED-QChu1b (81,75 mg/kg), SED-QChu2 (58,83 mg/kg) y SED-QCho1A (72,9mg/kg) en marzo-2018, SED- QCho2 (70,1 y 91,14mg/kg) y SED-QSha1 (50 y 55,88mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018, superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (35 mg/kg). La concentración de plomo total en los puntos, SED-QChu2 (188 mg/kg) y SED-QCho1 (146 mg/kg) en mayo-2017, SED-QChu1 (124,6 mg/kg), SED-QLVie1 (136,9 mg/kg) y SED-QCho2A (129,8 mg/kg) en marzo-2018, superó el estándar de la concentración PEL (91,3 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 50 y 188 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QChu2 en mayo-2017.

Tabla 7-29. Concentración de plomo total en la zona I: Microcuenca Shahuindo

Concentración de plomo total (Pb) – mg/kg MS				
Zona I: Microcuenca Shahuindo				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QChu1	51,9	124,6	35	91,3
SED-QChu1b	-	81,75		
SED-QChu2	188	58,83		
SED-QLVie1	-	136,9		
SED-QCho1A	-	72,9		
SED-QCho2A	-	129,8		
SED-QCho2	70,1	91,14		
SED-QSha1	50	55,88		
SED-QCho1	146	-		
SED-Qs/n1	65	-		

 Excedió sólo el valor ISQG

 Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona II: Microcuenca Crisbamba

En la zona II, como se puede observar en la Tabla 7-30, las concentraciones de plomo total durante el 2017 en el punto SED-QAra1 (15,5 mg/kg), SED-QAra2 (15,9 mg/kg), SED-QCol1 (13,3 mg/kg) y SED-QCol2 (27,4 mg/kg) no superaron el estándar de la concentración ISQG (0,6 mg/kg) y PEL (3,5 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 13,3 y 27,4 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QCol2 en mayo-2017. Es importante resaltar que para esta zona evaluada no se sacó muestra de sedimento en marzo-2018.

**Tabla 7-30.** Concentración de plomo total en la zona II: Microcuenca Crisbamba

Concentración de plomo total (Pb) – mg/kg MS				
Zona II: Microcuenca Crisbamba				
Código	mayo-2017	marzo- 2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QAra1	15,5	-	35	91,3
SED-QAra2	15,9	-		
SED-QCol1	13,3	-		
SED-QCol2	27,4	-		

Excedió sólo el valor ISQG

Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona III: Subcuenca Condebamba

Respecto a la zona III, como se puede apreciar en la Tabla 7-31, las concentraciones de plomo total en el punto SED-RCon3 (45 mg/kg), superó referencialmente el estándar de la concentración ISQG (35 mg/kg). Los puntos SED-RCon1 (6,54 mg/kg), SED-RUru1 (10,5 mg/kg), SED-QLan1 (2,52 mg/kg) y SED-RChi2 (11,9 mg/kg) en mayo-2017, SED-RCon2 (11,79 mg/kg) y SED-Con3 (12,3 mg/kg) en marzo-2018, no superaron los valores ISQG (35 mg/kg) y PEL (91,3 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 2,52 y 45 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-RCon3 (río Condebamba, aguas arriba de la confluencia con el río Chimín) en mayo-2017.

Tabla 7-31. Concentración de plomo total en la zona III: Subcuenca Condebamba

Concentración de plomo total (Pb) – mg/kg MS				
Zona III: Subcuenca Condebamba				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-RCon1	6,54	-	35	91,3
SED-RUru1	10,5	-		
SED-QLan1	2,52	-		
SED-RCon2	-	11,79		
SED-RCon3	45	12,3		
SED-RChi2	11,9	-		

Excedió sólo el valor ISQG

Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona IV: Microcuenca Cañarís

En la zona IV, como se puede observar en la Tabla 7-32, la concentración de plomo total en el punto SED-RCai1 (45,3 y 82,47 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, superó referencialmente el estándar de la concentración ISQG (35 mg/kg). Los puntos SED-RCañ1 (6,82 y 3,74 mg/kg) y SED-RCañ2 (16,3 y 8,04 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018, no superaron el estándar de la concentración ISQG (35 mg/kg) y PEL (91,3 mg/kg). Los valores de las concentraciones se encontraron entre



3,74 y 82,47 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QCai1 en marzo-2018.

Tabla 7-32. Concentración de plomo total en la zona IV: Microcuenca Cañarís

Concentración de plomo total (Pb) – mg/kg MS				
Zona IV: Río Cañarís				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QCai1	45,3	82,47	35	91,3
SED-RCañ1	6,82	3,74		
SED-RCañ2	16,3	8,04		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado

- Zona V: Microcuenca El Pacae

Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Tabla 7-33, la concentración de plomo total en los puntos SED-QHig1 (49,6 mg/kg) en mayo-2017 y SED-QLMer2 (45,45 mg/kg) en marzo-2018, superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (35 mg/kg). Los puntos SED-QRMach1 (3,29 mg/kg), SED-QHig1 (19,68 mg/kg) para el 2018, SED-QLMer1 (28,4 y 30,5 mg/kg), SED-QSau1 (23,2 y 28,85 mg/kg), SED-QEPac1 (25,7 y 34,69 mg/kg), SED-QChie1 (18 y 4,17 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018, no superaron la concentración ISQG (35 mg/kg) y PEL (91,3 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 3,29 y 49,6 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QHig1 en mayo-2017.

Tabla 7-33. Concentración de plomo total en la zona V: Microcuenca El Pacae

Concentración de plomo total (Pb) – mg/kg MS				
Zona V: Microcuenca El Pacae				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QRMach1	-	3,29	35	91,3
SED-QLMer1	28,4	30,5		
SED-QLMer2	-	45,45		
SED-QSau1	23,2	28,85		
SED-QHig1	49,6	19,68		
SED-QEPac1	25,7	34,69		
SED-QChie1	18	4,17		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado

- Zona VI: Microcuenca Chiraque

En la zona VI, como se puede observar en la Tabla 7-34, la concentración de plomo total en el punto SED-QMoy1 (14 mg/kg) en mayo-2017, SED-QMoy2 (11,7 y 6,99 mg/kg) no superaron el estándar de concentración ISQG (35 mg/kg) y PEL (91,3



Handwritten signatures and initials in blue ink.



mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 6,99 y 14 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QMoy1 en mayo-2017.

Tabla 7-34. Concentración de plomo total en la zona VI: Microcuenca Chiraque

Concentración de plomo total (Pb) – mg/kg MS				
Zona VI: Microcuenca Chiraque				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QMoy1	14	-	35	91,3
SED-QMoy2	11,7	6,99		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado

- Zona VII: Microcuenca Shingomate

Respecto a la zona VII, como se puede apreciar en la Tabla 7-35, la concentración de plomo total en los puntos SED-QChil1 (69,78 mg/kg) en marzo-2018, SED-QShi1 (71,6 y 46,91 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (35 mg/kg). La concentración de plomo total en los puntos SED-QShi1a (696 mg/kg), SED-QShi1b (1663 mg/kg), SED-QEGra1 (141,6 mg/kg), SED-QShi1c (1660 mg/kg) y SED-QShi2 (131,2 mg/kg) para el 2018, superaron referencialmente el estándar de la concentración PEL (91,3 mg/kg). Los puntos SED- QShi2 (11,1 mg/kg) en mayo-2017 y SED-QCab1 (13,21 mg/kg) en marzo-2018, no superaron la concentración ISQG (35 mg/kg) y PEL (91,3 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 11,1 y 1663 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QShi1b en marzo-2018.

Tabla 7-35. Concentración de plomo total en la zona VII: Microcuenca Shingomate

Concentración de plomo total (Pb) – mg/kg MS				
Zona VII: Microcuenca Shingomate				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QShi1a	-	696	35	91,3
SED-QChil1	-	69,78		
SED-Qshi1b	-	1663		
SED-QEGra1	-	141,6		
SED-QShi1c	-	1660		
SED-QCab1	-	13,21		
SED-QShi1	71,6	46,91		
SED-QShi2	11,1	131,2		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado

f. Zinc total

En la Figura 7-37, se presentan las concentraciones de zinc total en las siete zonas evaluadas en mayo-2017 y marzo-2018.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

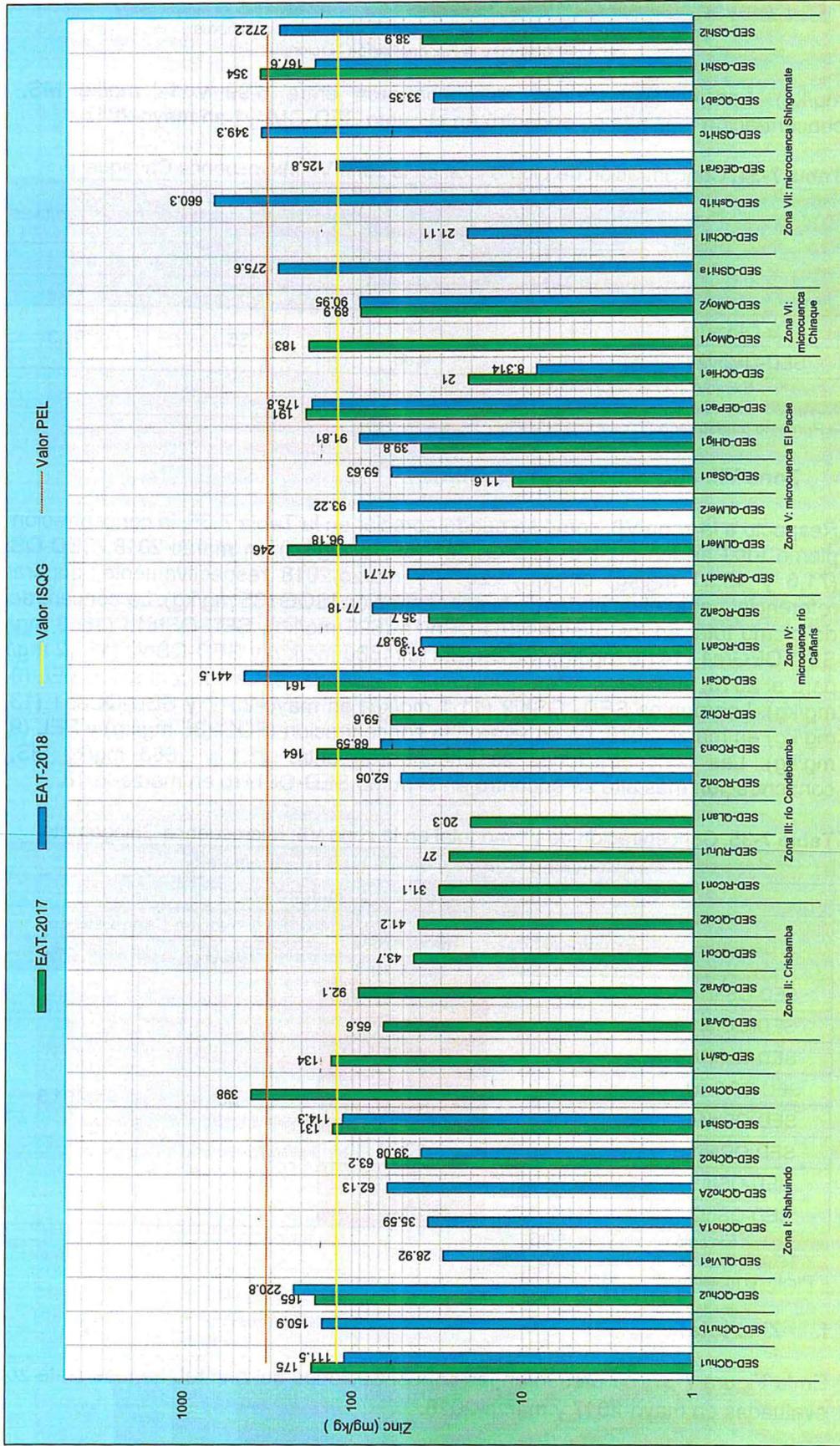


Figura 7-37. Concentraciones de zinc total comparadas referencialmente con el CEQG (2014) en las zonas evaluadas



- Zona I: Microcuenca Shahuindo

Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Tabla 7-36, la concentración de zinc total en el punto SED- QChu1 (175 mg/kg) y SED-Qs/n1 (134 mg/kg) en mayo-2017, SED-QChu1b (150,9 mg/kg) en marzo-2018, SED-QChu2 (165 y 220,8 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg). La concentración de zinc total en el punto SED-QCho1 (398 mg/kg) en mayo-2017, superó referencialmente el estándar de la concentración PEL (315 mg/kg). Los puntos SED-QChu1 (115,5mg/kg), SED-QLVie1 (28,92mg/kg), SED-QCho1A (35,59 mg/kg) y SED-QCho2A (62,13 mg/kg) en marzo-2018, SED-QCho2 (63,2 y 39,08 mg/kg) y SED-QSha1 (131 y 114,3 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018, no superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg) y PEL (315 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 28,92 y 398 mg/kg MS, encontrándose la más alta en el punto SED-QCho1 en mayo-2017.

Tabla 7-36. Concentración de zinc total en la zona I: Microcuenca Shahuindo

Concentración de zinc total (Zn) – mg/kg MS				
Zona I: Microcuenca Shahuindo				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QChu1	175	111,5	123	315
SED-QChu1b	-	150,9		
SED-QChu2	165	220,8		
SED-QLVie1	-	28,92		
SED-QCho1A	-	35,59		
SED-QCho2A	-	62,13		
SED-QCho2	63,2	39,08		
SED-QSha1	131	114,3		
SED-QCho1	398	-		
SED-Qs/n1	134	-		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado



Handwritten signatures and initials in blue ink

- Zona II: Microcuenca Crisbamba

En la zona II, como se puede observar en la Tabla 7-37, las concentraciones de zinc total en mayo-2017, en los puntos SED-QAra1 (65,6 mg/kg), SED-QAra2 (92,1 mg/kg), SED-QCol1 (43,7 mg/kg) y SED-QCol2 (41,2 mg/kg) no superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg) y PEL (315 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 41,2 y 92,1 mg/kg MS, siendo la más alta encontrada en el punto SED-QAra2 en mayo-2017. Es importante resaltar que para esta zona evaluada no se sacó muestra de sedimento en marzo-2018.

**Tabla 7-37. Concentración de zinc total en la zona II: Microcuenca Crisbamba**

Concentración de zinc total (Zn) – mg/kg MS				
Zona II: Río Crisbamba				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QAra1	65,6	-	123	315
SED-QAra2	92,1	-		
SED-QCol1	43,7	-		
SED-QCol2	41,2	-		

 Excedió sólo el valor ISQG

 Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona III: Subcuenca Condebamba

Respecto a la zona III, como se puede apreciar en la Tabla 7-38, las concentraciones de zinc total en el punto SED-RCon3 (164 mg/kg) en mayo-2017, superó referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg). Los puntos SED-RCon1 (31,1 mg/kg) y SED-RUru1 (27 mg/kg), SED-QLan1 (20,3 mg/kg), SED-RChi2(59,6 mg/kg) en mayo-2017, SED-RCon2 (52,05 mg/kg) en marzo-2018, SED-RCon3 (164 y 68,59 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018, no superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg) y PEL (315 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 20,3 y 164 mg/kg MS, siendo el punto SED-RCon3 (río Condebamba, aguas arriba de la confluencia con el río Chimín) el que presentó la concentración más alta en mayo-2017.

Tabla 7-38. Concentración de zinc total en la zona III: Subcuenca Condebamba

Concentración de zinc total (Zn) – mg/kg MS				
Zona III: subcuenca Condebamba				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-RCon1	31,1	-	123	315
SED-RUru1	27	-		
SED-QLan1	20,3	-		
SED-RCon2	-	52,05		
SED-RCon3	164	68,59		
SED-RChi2	59,6	-		

 Excedió sólo el valor ISQG

 Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona IV: Microcuenca Cañarís

En la zona IV, como se puede observar en la Tabla 7-39, la concentración de zinc total en el punto SED-QCai1 (161 mg/kg) en mayo-2017, superó referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg). La concentración de zinc total en el punto SED-QCai1 (441,5 mg/kg) en marzo-2018, superó referencialmente el estándar de concentración PEL (315 mg/kg). Los puntos SED-RCañ1 (31,9 y 39,87 mg/kg) y



SED-RCañ2 (35,7 y 77,18 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018, no superaron la concentración ISQG (123 mg/kg) y PEL (315 mg/kg). Las concentraciones oscilaron entre 31,9 y 441,5 mg/kg MS, siendo la concentración más alta encontrada en el punto SED-QCai1 en marzo-2018.

Tabla 7-39. Concentración de zinc total en la zona IV: Microcuenca Cañarís

Concentración de zinc total (Zn) – mg/kg MS				
Zona IV: Microcuenca Cañarís				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QCai1	161	441,5	123	315
SED-RCañ1	31,9	39,87		
SED-RCañ2	35,7	77,18		

 Excedió sólo el valor ISQG

 Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado

- Zona V: Microcuenca El Pacae

Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Tabla 7-40, La concentración de zinc total en los puntos SED-QEPac1 (191 y 175,8 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, SED-QLMer1 (246 mg/kg) en mayo-2017, superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg). Ningún punto de muestreo superó referencialmente el estándar de la concentración PEL (315 mg/kg). Los puntos SED-QRMach1 (47,71 mg/kg), SED-QLMer1 (96,18 mg/kg), SED-QLMer2(93,22 mg/kg) en marzo-2018, SED-QSau1 (11,6 y 59,63 mg/kg), SED-QHig1 (39,8 y 91,81mg/kg), SED-QChie1 (21 y 8,314 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, no superaron la concentración ISQG (123 mg/kg) y PEL (315 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 11,6 y 246 mg/kg MS, la concentración más alta fue encontrada en el punto SED-QLMer1 en mayo-2017.

Tabla 7-40. Concentración de zinc total en la zona V: Microcuenca El Pacae

Concentración de zinc total (Zn) – mg/kg MS				
Zona V: Microcuenca El Pacae				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QRMach1	-	47,71	123	315
SED-QLMer1	246	96,18		
SED-QLMer2	-	93,22		
SED-QSau1	11,6	59,63		
SED-QHig1	39,8	91,81		
SED-QEPac1	191	175,8		
SED-QChie1	21	8,314		

 Excedió sólo el valor ISQG

 Excedió los valores ISQG y PEL

-: Punto no muestreado



1
f
f
y
A



- Zona VI: Microcuenca Chiraque

En la zona VI, como se puede observar en la Tabla 7-41, la concentración de zinc total en el punto SED-QMoy1 (183 mg/kg) en mayo-2017, superó referencialmente el estándar de concentración ISQG (123 mg/kg), mientras que, los puntos SED-QMoy2 (89,9 y 90,95 mg/kg) en mayo-2017 y marzo-2018 respectivamente, no superaron la concentración ISQG (123 mg/kg) y PEL (319 mg/kg). Los valores de las concentraciones se encontraron entre 89,9 y 183 mg/kg MS, la concentración más alta se encontró en el punto SED-QMoy1 en mayo-2017.

Tabla 7-41. Concentración de zinc total en la zona VI: Microcuenca Chiraque

Concentración de zinc total (Zn) – mg/kg MS				
Zona VI: Microcuenca Chiraque				
Código	mayo-2017	marzo-2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QMoy1	183	-	123	319
SED-QMoy2	89,9	90,95		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado



Handwritten notes and signatures in blue ink

- Zona VII: Microcuenca Shingomate

Respecto a la zona VII, como se puede apreciar en la Tabla 7-42, la concentración de zinc total en los puntos SED-QShi1a (275,6 mg/kg), SED-QEGra1 (125,8 mg/kg), SED-QShi1 (167,6 mg/kg) y SED-QShi2 (272,2 mg/kg) en marzo-2018, superaron referencialmente el estándar de la concentración ISQG (123 mg/kg). La concentración de zinc total en los puntos SED-QShi1 (354 mg/kg) en mayo-2017, SED-QShi1b (660,3 mg/kg) y SED-QShi1c (349,3 mg/kg) en marzo-2018, superaron referencialmente el estándar de la concentración PEL (319 mg/kg). Los puntos SED-QShi2 (28,9 mg/kg) en mayo-2017, SED-QChil1 (21,11 mg/kg) y SED-QCab1 (33,35 mg/kg) en marzo-2018, no superaron la concentración ISQG (123 mg/kg) y PEL (319 mg/kg). Las concentraciones se encontraron entre 21,11 y 660,3 mg/kg MS, encontrándose la concentración más alta en el punto SED-QShi1b en marzo-2018.

Tabla 7-42. Concentración de zinc total en la zona VII: Microcuenca Shingomate

Concentración de zinc total (Zn) – mg/kg MS				
Zona VII: Microcuenca Shingomate				
Código	mayo-2017	marzo- 2018	Norma Canadiense	
			ISQG	PEL
SED-QShi1a	-	275,6	123	319
SED-QChil1	-	21,11		
SED-Qshi1b	-	660,3		
SED-QEGra1	-	125,8		
SED-QShi1c	-	349,3		
SED-QCab1	-	33,35		
SED-QShi1	354	167,6		
SED-QShi2	38,9	272,2		

Excedió sólo el valor ISQG
Excedió los valores ISQG y PEL
-: Punto no muestreado



7.2.3. Aire

Se muestra la comparación realizada de las concentraciones obtenidas de los parámetros analizados respecto al estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, según el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Se graficarán los parámetros que superaron los ECA para Aire (2017).

a. PM₁₀

En la presente sección se analizan los resultados obtenidos de las concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ comparadas con los ECA para Aire (2017), ver Figura 7-38.

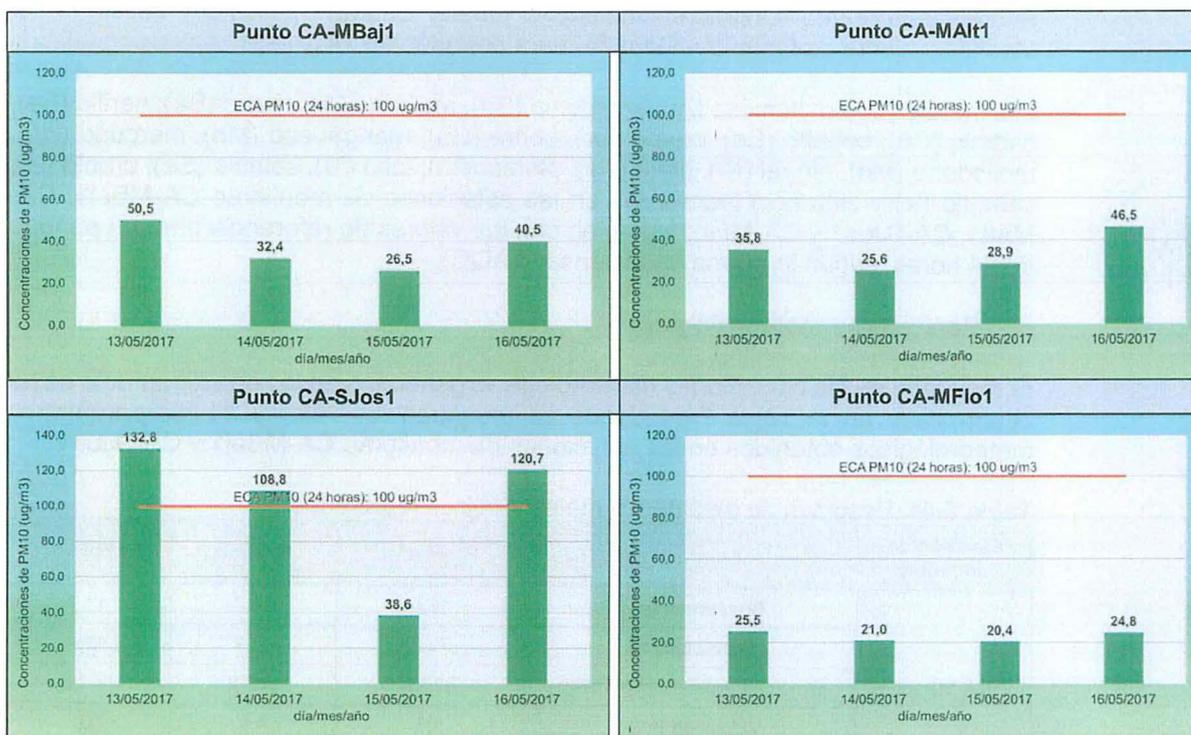


Figura 7-38. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ comparados con los ECA para Aire (2017)

De acuerdo con los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo CA-MBaj1, CA-MAIt1 y CA-MFlo1, todas las concentraciones reportadas se encuentran en conformidad con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para PM₁₀ equivalente a 100 µg/m³ para un periodo de 24 horas. El único punto de monitoreo que superó los ECA en tres días de monitoreo fue CA-SJos1. Es preciso mencionar que la aplicación del referido ECA es referencial, debido a que su aprobación fue posterior a la ejecución del monitoreo de calidad del aire.

En la Tabla 7-43 se muestra el resumen de resultados de las concentraciones de material particulado PM₁₀, donde se puede ver las concentraciones de material en todos los puntos de monitoreo registrados entre los días 13 de mayo de 2017 y el día 16 de mayo de 2017.



Handwritten signatures and initials in blue ink.



Tabla 7-43. Resumen de resultados de material particulado PM10

Estación de monitoreo	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mínimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CA-MBaj1	37,5	50,5	26,5
CA-MAIt1	34,2	46,5	25,6
CA-SJos 1	100,2	132,8	38,6
CA-MFlo1	22,9	25,5	20,4

b. Concentración de metales en material particulado PM₁₀

Dado que, en el Perú no se cuenta con Estándares de calidad ambiental que regulen las concentraciones diarias de los metales pesados en el aire, se tomó como referencia la norma "Ontario's Ambient Air Quality Criteria" (2012) del Ministerio del Medio Ambiente de Ontario – Canadá, para periodos de 24 horas.

Los metales como aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), talio (Tl), selenio (Se), uranio (U), vanadio (V) y zinc (Zn) reportadas en las estaciones de monitoreo CA-MBaj1, CA-MAIt1, CA-SJos1 y CA-MFlo1 cumplen con los valores de referencia para un periodo de 24 horas, según la norma canadiense (AAQC).

c. Parámetros meteorológicos

El resultado de las condiciones meteorológicas generales de la zona de estudio se ha desarrollado en la Tabla 7-44 donde se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en las estaciones de monitoreo CA-MBaj1 y CA-SJos1.

Tabla 7-44. Resumen de parámetros meteorológicos registrados

Estación de monitoreo	Parámetro meteorológico	Promedio	Máximo	Mínimo
CA-MBaj1	Temperatura(°C)	16,0	21,7	11,7
	Humedad (%)	73,3	97,7	45,4
	Presión barométrica (mmHg)	555,5	557,2	553,6
	Velocidad (m/s)	1,5	4,8	0,0
	Precipitación (mm)	0,1	6,4	0,0
CA-SJos1	Temperatura(°C)	13,6	18,7	10,1
	Humedad (%)	82,6	100,0	55,1
	Presión barométrica (mmHg)	533,2	534,6	531,5
	Velocidad (m/s)	0,8	2,7	0,0
	Precipitación (mm)	0,1	3,9	0,0

✓ Temperatura ambiental

La temperatura promedio diaria registrada en las estaciones de monitoreo varió entre 13,6°C y 16,0°C. La temperatura mínima horaria varió entre 10,1°C y 11,7°C registrado entre las 03:00 y 07:00 horas del 16 de mayo y la temperatura máxima horaria fue 21,7°C registrada a las 14:00 horas del 15 de mayo en la estación CA-MBaj1 y 18,7°C registrada a las 14:00 y 15:00 horas del 14 de mayo en la estación CA-SJos1.

**✓ Humedad Relativa**

La humedad relativa ambiental promedio diaria registrada en las estaciones de monitoreo varió entre 73,3% y 82,6%. La humedad relativa mínima horaria varió entre 45,4% y 55,1% registrado a las 15:00 horas del 16 de mayo y la humedad relativa máxima horaria fue 97,7% registrada a las 03:00 horas del 16 de mayo en la estación CA-MBaj1 y 100,0% registrada entre las 00:00 y 07:00 horas del 16 de mayo en la estación CA-SJos1.

✓ Presión barométrica

La presión barométrica promedio diaria registrada en las estaciones de monitoreo varió entre 533,2mmHg y 555,5mmHg. La presión barométrica mínima horaria fue 553,6mmHg registrado a las 16:00 y 17:00 horas del 16 de mayo en la estación CA-MBaj1 y 531,5mmHg registrada a las 15:00 horas del 17 de mayo en la estación CA-SJos1; la presión barométrica máxima horaria registrada en las estaciones de monitoreo varió entre 534,6 mmHg y 557,2mmHg registradas a las 22:00 y 23:00 horas del 15 de mayo.

✓ Precipitación pluvial

Durante el monitoreo en las estaciones se registró la precipitación pluvial máxima diaria de 6,4mm a las 17:00 horas del 15 de mayo en la estación CA-MBaj1 y 3,9mm a las 01:00 horas del 15 de mayo en la estación CA-SJos1. La precipitación pluvial promedio diaria fue 0,1mm en ambas estaciones.

✓ Velocidad de viento

La velocidad promedio diario del viento registrada en las estaciones de monitoreo estuvo en el rango de 0,8m/s y 1,5m/s. La velocidad mínima del viento fue 0,0m/s medida en primeras horas del día en las estaciones CA-MBaj1 y CA-SJos1. La velocidad máxima horaria del viento registrado estuvo en el rango de 2,7m/s y 4,8m/s respectivamente.

En cuanto a la dirección del viento, la representación gráfica de la rosa de vientos se realizó con el propósito de obtener información estadística relativa a la dirección y velocidad del viento en una localización en particular.

En la Figura 7-39 se presentan las rosas de viento correspondientes a la dirección y velocidad del viento registrados durante el periodo de monitoreo realizado del 13 de mayo al 17 de mayo de 2017, las cuales se describen a continuación:

Para el punto de monitoreo ubicado a 10 metros aproximadamente de la tranquera del caserío de Moyán Bajo (CA-MBaj1), se observa que la dirección predominante de los vientos fue desde el nor-noreste (NNE) con una frecuencia de 35,0%, seguido de vientos del norte (N) y en menor frecuencia de vientos del sur (S) y del noroeste (SW).

En el punto de monitoreo ubicado en la I.E. N.° San José, en el caserío de San José (CA-SJos1), se observa que la dirección predominante de los vientos fue desde el oeste (W) con una frecuencia de 13,7%; seguido de vientos del este-sureste (ESE) con una menor frecuencia de ocurrencia de 9,5%; cabe señalar que, estos vientos se dirigen desde la U.M. Shahuindo hacia el caserío de San José. Ver figura 7-40.



1
J
f
Cy
*



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

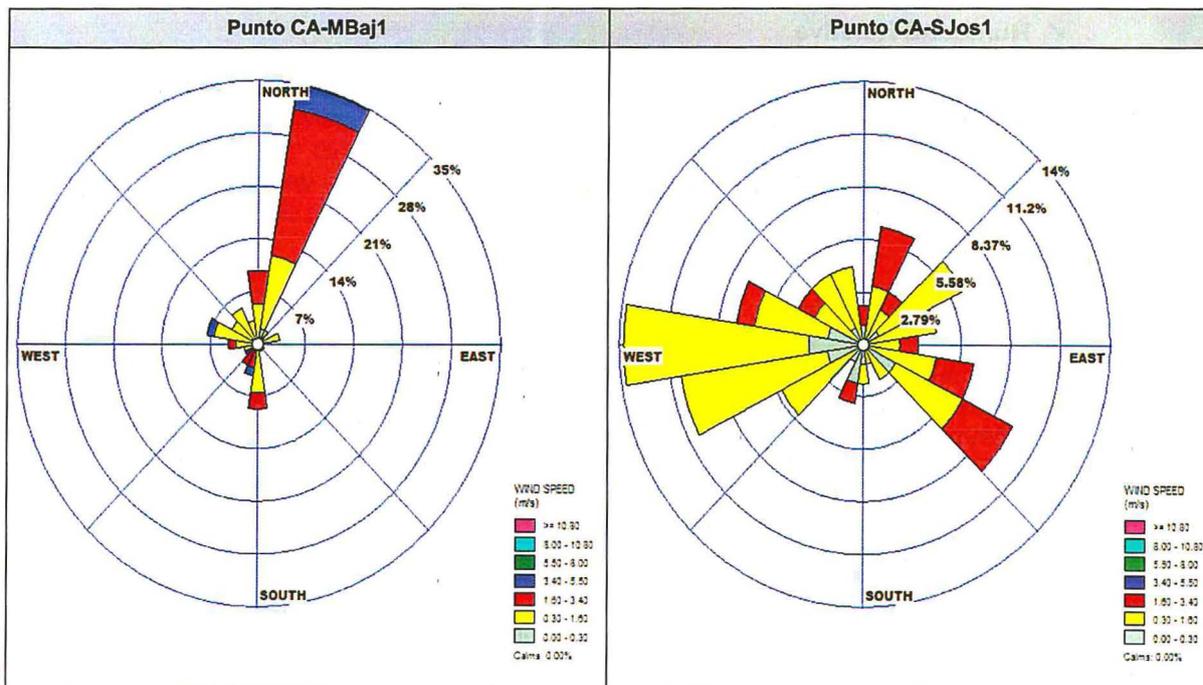


Figura 7-39. Rosas de viento de los puntos de muestreo, registrados del 13 de mayo al 17 de mayo del 2017



Handwritten signatures and initials in blue ink.

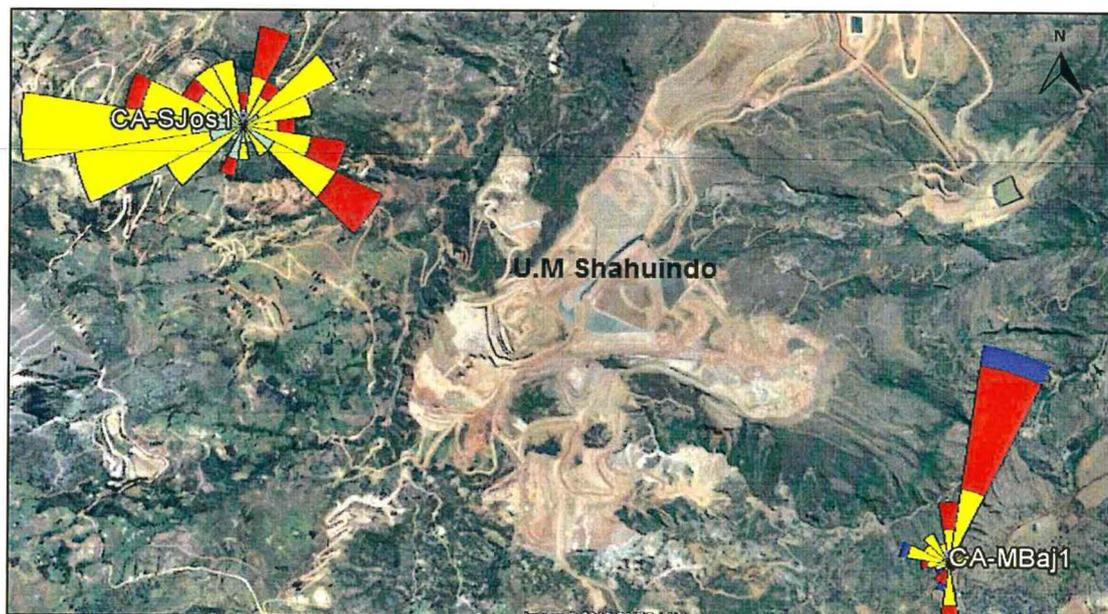


Figura 7-40. Ubicación de los puntos de muestreo CA-MBaj1 y CA-SJos1, y sus rosas de Vientos.

7.3 Estudios especializados

Se ejecutaron los siguientes estudios especializados, con relación a calidad de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas.



7.3.1. Comunidades hidrobiológicas

En esta sección se presentan los resultados de los análisis de las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos de mayo-2017 y marzo-2018.

7.3.1.1. Perifiton

El perifiton será analizado en sus dos componentes: microalgas o perifiton vegetal y microorganismos o perifiton animal.

7.3.1.2. Microalgas

- **Composición y riqueza**

Para los puntos de muestreo de mayo-2017, fueron encontrados un total de 119 taxa de microalgas, distribuidos en 26 puntos de muestreo. En la Figura 7-41 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de las microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los valores de riqueza más altos corresponden a la Zona II, donde se encontraron entre 17 y 36 taxa. En la gran mayoría de puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxa a excepción de los puntos HID-QChu2 e HID-QSha1 para la Zona I; HID-RChi2 para la Zona III; HID-QCai1 e HID-QCañ2 para la Zona IV; HID-QEPac1, HID-QChie1 para la Zona V y finalmente HID-QShi1 para la zona VII.

En los puntos de muestreo de marzo-2018, fueron encontrados un total de 145 taxa de microalgas, distribuidos en 37 puntos de muestreo. En la Figura 7-41 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de microalgas por puntos de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. El valor más alto de riqueza se registró en la zona IV con 38 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxa a excepción de los puntos HID-QChu2 y HID-QCho2; HID-QCai1 para la zona IV; HID-QEPac1, HID-QLMer1, HID-QLMer1B e HID-QRMach1 para la zona V y finalmente HID-QShi1, HID-QShi1b e HID-QChil1 para la zona VII.

- Zona I

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza correspondió a los puntos HID-QCho1 (10 taxa) e HID-FNat3 (6 taxa), la primera ubicada aguas arriba del área de actividad minera de la UM Shahuindo, y la segunda, en un manantial tributario de la quebrada Choloque. El resto de los puntos se encontró aguas abajo del área de actividad minera de la UM Shahuindo y en ellas se encontró un número de taxa más reducido (menor o igual a 3 taxa), de los cuales una importante proporción correspondió al phylum Cyanobacteria, destacando entre ellas *Chroococcus minutus* y *Leptolyngbya* sp. 2. En marzo-2018 en la zona I, se observó que los mayores valores de riqueza se mantuvo en los puntos HID-QCho1 (23 taxa) e HID-FNat3 (15 taxa). Además, en el punto de muestreo de manantial HID-FNat3 de la zona I, se registró un taxa muy reducido del phylum Charophyta representada por *Mougeotia* sp.2. Asimismo, en el punto HID-QSha1, ubicado aguas abajo con respecto a los demás puntos de muestreo de la zona I, registro cinco taxa, destacándose cuatro taxa del phylum Bacillariophyta (representada por *Achnanthydium gracillimum*, *Achnanthydium minutissimum*, *Nitzschia gracilis* y *Nitzschia* cf. *Recta*) y un taxa del phylum Cyanobacteria (representada por *Leptolyngbya* sp. 2).

**- Zona II**

En mayo-2017, se observó el valor más alto de riqueza en la zona II, destacando el punto HID-QAra1 (36 taxa) por sobre las demás. Los restantes puntos de muestreo, HID-QAra2, HID-QCol1 e HID-QCol2, presentaron una riqueza que varió entre 17 y 24 taxa. Aun así, esta es la Zona que presentó una menor variación de riqueza entre puntos de muestreo. En todos los puntos de muestreo de esta zona, el phylum Bacillariophyta fue dominante y presentó mayor abundancia de los taxa *Gomphonema cf. Angustatum* y *Gomphonema cf. Pumilum* en los puntos HID-QAra1 y HID-QCol2 respectivamente. En marzo-2018, la mayor riqueza la presentaron los puntos HID-QAra1 y HID-QCol1 con 24 taxa cada uno. Asimismo, el phylum Bacillariophyta fue dominante y presentó mayor abundancia del taxa *Ulnaria ulna* en el punto HID-QCol1, ubicado en la quebrada La Colpa cercano al caserío del mismo nombre. Cabe indicar que los puntos HID-QAra2 y HID-QCol2 presentan valores de riqueza de 14 y 22 taxa.

- Zona III

En mayo-2017, se observó que todos los puntos tienen en común su ubicación en una amplia zona agrícola. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QLan1 con 22 taxa, ubicada en la quebrada Lanla. Además, en el punto HID-QLan1, predominó el phylum Bacillariophyta, así como en los puntos HID-RCon1, HID-RCon3 y HID-RUru1 a excepción del punto HID-RChi2 donde predominó el phylum Cyanobacteria. En marzo-2018, la red de muestreo de cinco puntos de la Zona III, se redujo a dos puntos siendo estos HID-RCon1 y HID-RCon3. Asimismo, cabe indicar que la mayor riqueza se registró en el punto HID-RCon3 con 33 taxa, dominancia del phylum Bacillariophyta y destacando el taxa *Nitzschia palea* con mayor abundancia.

- Zona IV

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-RCañ1 (25 taxa), la cual se ubicó aguas arriba de los pasivos y actividades mineras de la zona. Por otro lado, los puntos restantes, HID-QCai1 e HID-RCañ2, ubicadas aguas abajo de actividades mineras pasadas y presentes, presentaron una riqueza de solo 2 taxa. Se resalta la dominancia del phylum Bacillariophyta y la abundancia del taxa *Encyonema minutum* en el punto HID-RCañ1. Sin embargo, llama particularmente la atención que en el punto HID-QCai1 presente un mayor número de especies de Chlorophyta por sobre las Bacillariophyta. Similar comportamiento se registró en marzo-2018, se observó que la mayor riqueza se presentó en el punto de muestreo HID-RCañ1 con 28 taxa y aguas abajo de las actividades antrópicas realizadas presenta una disminución de la riqueza a 4 taxa en el punto de muestreo HID-RCañ2. Asimismo, cabe indicar la dominancia del phylum Bacillariophyta en todos los puntos de muestreo de la zona IV, a excepción del punto HID-QCai1 donde los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria registran igual número de taxa de dos cada uno. Además, la mayor abundancia la registro el taxa *Ulnaria ulna* del phylum Bacillariophyta en el punto HID-RCañ1. Cabe indicar el punto HID-QTEAg1 agregado a la red de muestreo registro 21 taxa.

- Zona V

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QSau1 con 11 taxa, ubicado en la quebrada Sauce antes de la confluencia con la quebrada Pacae. Mientras que el punto HID-QEPac1 registró la menor riqueza con cuatro taxa, el punto en mención se ubica aguas abajo de la quebrada el Pacae. En marzo-2018, se amplió la red de muestreo de cinco a 10 puntos, adicionándose tres puntos en



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

quebradas (HID-QLMer1B, HID-QLMer2 y HID-QRMach1) y dos puntos en manantiales (HID-FNat8 y HID-FNat14). Se observó que los mayores de riqueza se registraron en los puntos de manantial HID-FNat8 y HID-FNat14 con 20 taxa cada uno. Asimismo, el mayor valor de riqueza con respecto a las quebradas se obtuvo en el punto HID-QSau1, ubicado en la quebrada Sauce con 15 taxa. Mientras que los puntos HID-QLMer1, HID-QLMer1B, HID-QEPac1, HID-QLMer2, HID-QCHie1, HID-QHig1 y HID-QRMach1, se encontraron en un rango de 2 a 11 taxa.

- Zona VI

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-Moy2 con 27 taxa, mientras que el punto HID-Moy1 presento una riqueza de 13 taxa. Además, en ambos puntos domina el phylum Bacillariophyta. Cabe señalar que el punto de muestreo HID-Moy2 se encuentra aguas arriba con respecto al punto HID-Moy1. En marzo-2018, se observó que la mayor riqueza se mantuvo en el punto HID-Moy2 con 28 taxa, mientras que el punto HID-Moy1 registró el menor valor de riqueza con 13 taxa.

- Zona VII

En mayo-2017, se observó valores de riqueza muy bajos en los puntos HID-Shi1 y HID-Shi2, con valores de dos y tres taxa respectivamente. En marzo-2018, se amplió la red de muestreo de dos puntos a ocho, adicionándose seis puntos en quebradas con códigos HID-QShi1a, HID-QShi1b, HID-QChil1, HID-QCab1, HID-QEGra1 y HID-QLFil1. Se registró el mayor valor de riqueza en el punto HID-QEGra1 con 18 taxa, el punto en mención se encuentra en la quebrada El Grajo. Los demás puntos registraron valores de riqueza entre uno a 17 taxa.



Handwritten vertical text: l, j, f, u, st



PERÚ

Ministerio del Ambiente

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental



Handwritten signatures and initials in blue ink.

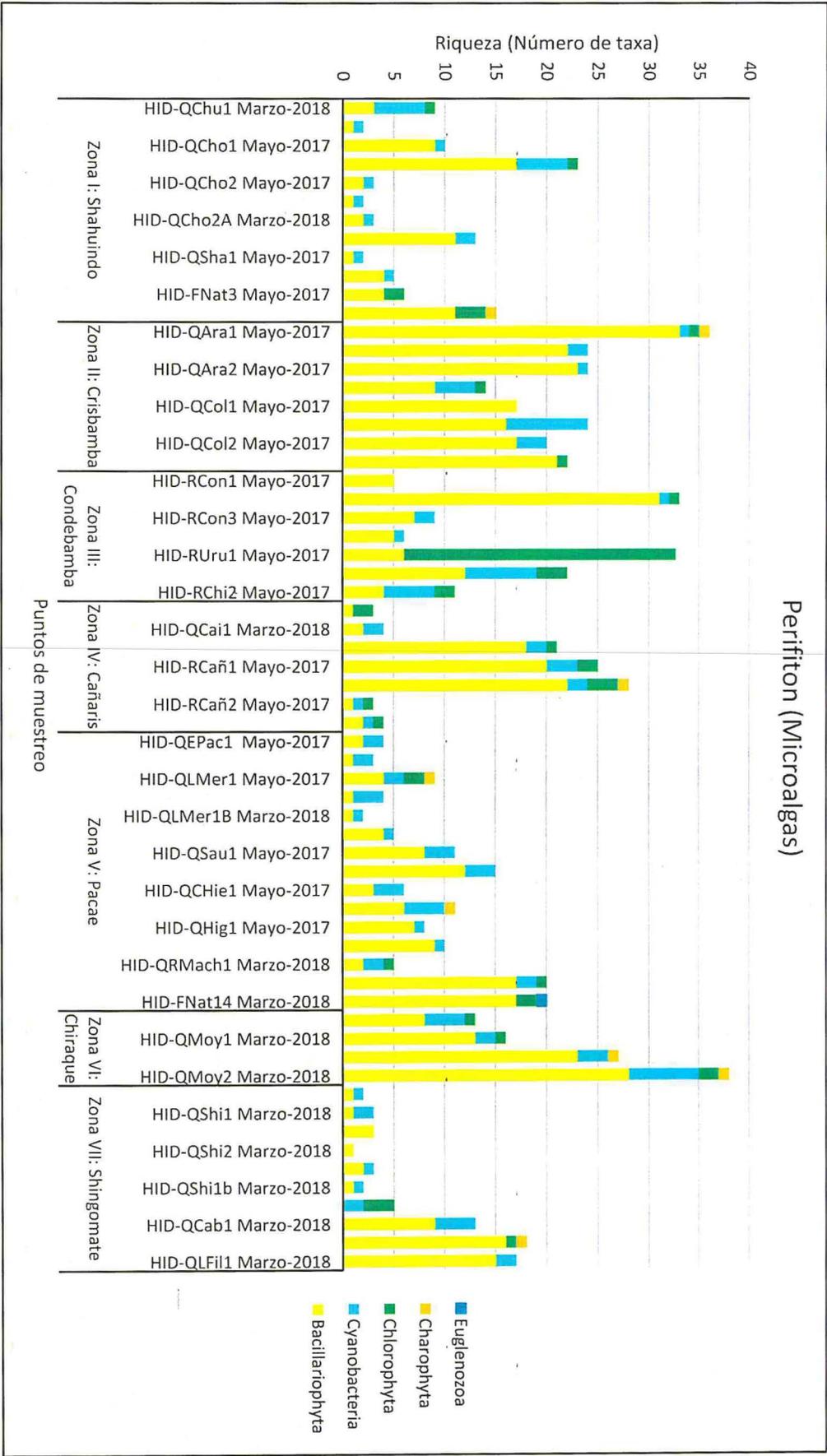


Figura 7-41. Riqueza de perifiton (microalgas) por punto de muestreo y phylum en mayo-2017 y marzo-2018



• **Abundancia**

En la Figura 7-42 con los datos registrados en mayo-2017 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los mayores valores de abundancia de que se encontraron en las Zonas I, II, III y IV, V, VI y VII, fueron 22 720, 42 373, 44 507, 56 587, 35 173, 13 227, 24 533 y 2400 organismos/cm², respectivamente para cada zona. En la mayoría de los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, a excepción de los puntos HID-QChu2 e HID-QSha1 en la Zona I; HID-RChi2 en la Zona III; HID-QCañ2 en la Zona IV; y finalmente HID-QEPac1, HID-QCHie1 e HID-QHig1 en la zona V.

Para los registrados en marzo-2018, se observó los mayores valores de abundancia que se encontraron en las zonas I, II, III y IV, V, VI y VII, fueron 24 840, 52 560, 55 280, 72 840, 36 600, 47 680 y 18 000 organismos/cm², respectivamente. Al igual que la época de colecta anterior, el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia en la mayoría de los puntos muestreados a excepción de los puntos HID-QChu1, HID-QCho2 e HID-QCho2A en la zona I; HID-QEPac1, HID-QLMer1 e HID-QLMer1B en la zona V; HID-QShi1 en la zona VI; y HID-QShi1b e HID-QShi1 en la zona VII.



J
f
y
A

- **Zona I**

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia correspondió a los puntos HID-QCho1 e HID-FNat3, donde la abundancia de Bacillariophyta sobrepasó por mucho a los otros phyla. En los puntos restantes, HID-QCho2, HID-QChu2 e HID-QSha1, ubicadas aguas abajo del área de uso minero de la U.M. Shahuindo, el phylum Cyanobacteria presentó la mayor contribución a la abundancia total. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza. En marzo-2018, se observó que los mayores valores de abundancia los siguió registrando los puntos HID-QCho1 e HID-FNat3, además la abundancia del phylum Bacillariophyta continuó sobrepasando a los demás phyla. En los puntos HID-QChu1, HID-QCho2 e HID-QCho2A, el phylum Cyanobacteria presentó la mayor contribución a la abundancia total.

- **Zona II**

En mayo-2017, se observaron las menores variaciones de abundancia de organismos entre puntos de muestreo. La diferencia más notoria se dio entre el punto ubicada aguas arriba del centro poblado Araqueda (HID-QAra1) y el punto ubicada aguas abajo (HID-QAra2), observándose una reducción en la abundancia aguas abajo. En todos los puntos de muestreo de esta zona, Bacillariophyta fue el phylum dominante. En marzo-2018, se observó que la mayor abundancia la registró el punto HID-QCol2, pero no registro mucha variación con respecto al punto HID-QCol1, ubicado aguas arriba de la quebrada La Colpa. La variación más notoria se siguió registrando entre los puntos HID-QAra1 y HID-QAra2. Igual que la época anterior de colecta, el phylum Bacillariophyta fue dominante en la zona y el de mayor contribución a la abundancia total.

- **Zona III**

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QLan1 con 56 587 organismos/cm², donde la mayor contribución a la abundancia total fue la del phylum Bacillariophyta. Asimismo, los puntos HID-RCon1, HID-RCon3 e HID-RUru1, la mayor contribución a la riqueza fue la del phylum Bacillariophyta,



mientras que en el punto HID-RChi2 la mayor contribución fue la del phylum Cyanobacteria. En marzo-2018, se observó que la mayor abundancia se registró en el punto HID-RCon1, destacándose el phylum Bacillariophyta. Asimismo, en el punto HID-RCon3 la mayor contribución a la abundancia también fue de Bacillariophyta. En ambos puntos evaluados la segunda mayor contribución a la abundancia fue la del phylum Cyanobacteria.

- Zona IV

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-RCañ1 con 37 040 organismos/cm², sobrepasando por mucho a los puntos restantes, en las cuales se observó una máxima de 827 organismos/cm². En lo que respecta a la contribución de los diferente phyla a la abundancia total, destacó la importancia de Bacillariophyta y Cyanobacteria, esta última en menor proporción. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza. En marzo-2018, se observó que el mayor valor de riqueza la siguió registrando el punto HID-RCañ1 destacándose el phylum Bacillariophyta. En el punto HID-RCañ2, ubicado aguas abajo del río Cañarís con respecto a los otros puntos se aprecia una importante reducción de la abundancia siguiendo la misma tendencia que la riqueza. Asimismo, se destaca la mayor contribución a la abundancia total del phylum Bacillariophyta en todos los puntos de la zona IV.

- Zona V

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia se registró en el punto HID-QMer1, donde destaca el phylum Bacillariophyta por su aporte. Además, este phylum también tiene el mayor a porte en el punto HID-QSau1. Mientras que en los puntos HID-QEPac1, HID-QChie1 e HID-QHig1, se destaca el mayor aporte en la abundancia total el phylum Cyanobacteria. En marzo-2018, se observó que la mayor abundancia se registró en el punto HID-QSau1, destacándose el phylum Bacillariophyta. Asimismo, este phylum se destaca en los puntos de muestreo HID-QLMer2, HID-QChie1, HID-QHig1, HID-QRMach1, HID-FNat8 e HID-FNat14 por su mayor contribución en la abundancia total. Mientras que en los puntos HID-QEPac1, HID-QLMer1 e HID-QLMer1B, la mayor contribución en la abundancia total fue de Cyanobacteria.

- Zona VI

En mayo-2017, se observó que el mayor valor de abundancia se registró en el punto HID-QMoy2 con 24 533 organismos/cm², punto que pertenece a una microcuenca no ocupada por el área de uso minero de la UM Shahuindo, en lo que respecta a la contribución de los diferente phyla a la abundancia total, destacó la importancia de Bacillariophyta y Cyanobacteria, esta última en menor proporción. Asimismo, en el punto HID-QMoy1, se destaca el mayor aporte a la abundancia total de los Bacillariophyta y Cyanobacteria. En marzo-2018, se observó que la mayor abundancia se siguió registrando el punto HID-QMoy2, y en el punto HID-Moy1 ubicado aguas abajo de la quebrada Moyán, se aprecia una considerable reducción de la abundancia. Cabe resaltar en ambos puntos evaluados la contribución a la abundancia total de los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria, esta última en menor proporción.

- Zona VII

En mayo-2017, se observó que el mayor valor de la abundancia se registró en el punto HID-QShi2, ubicado aguas abajo del punto HID-QShi1. En ambos puntos se destacó



Handwritten blue ink marks: an arrow pointing up, followed by several scribbles and initials.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

el phylum Bacillariophyta por su aporte a la abundancia total. En marzo-2018 se amplió la red de muestreo, registrándose el mayor valor de abundancia en el punto HID-QLFil1 con 18 000 organismos/cm², destacándose los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria, esta última en menor proporción. Asimismo, en los puntos HID-QShi2, HID-QShi1a, HID-QCab1 e HID-QEGra1, se destaca el mayor aporte del phylum Bacillariophyta a la abundancia total. Mientras que en los puntos HID-QShi1 e HID-QChil1, se destacó el mayor aporte a la abundancia total el phylum Cyanobacteria.



J

J

cy



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Perifiton (Microalgas)

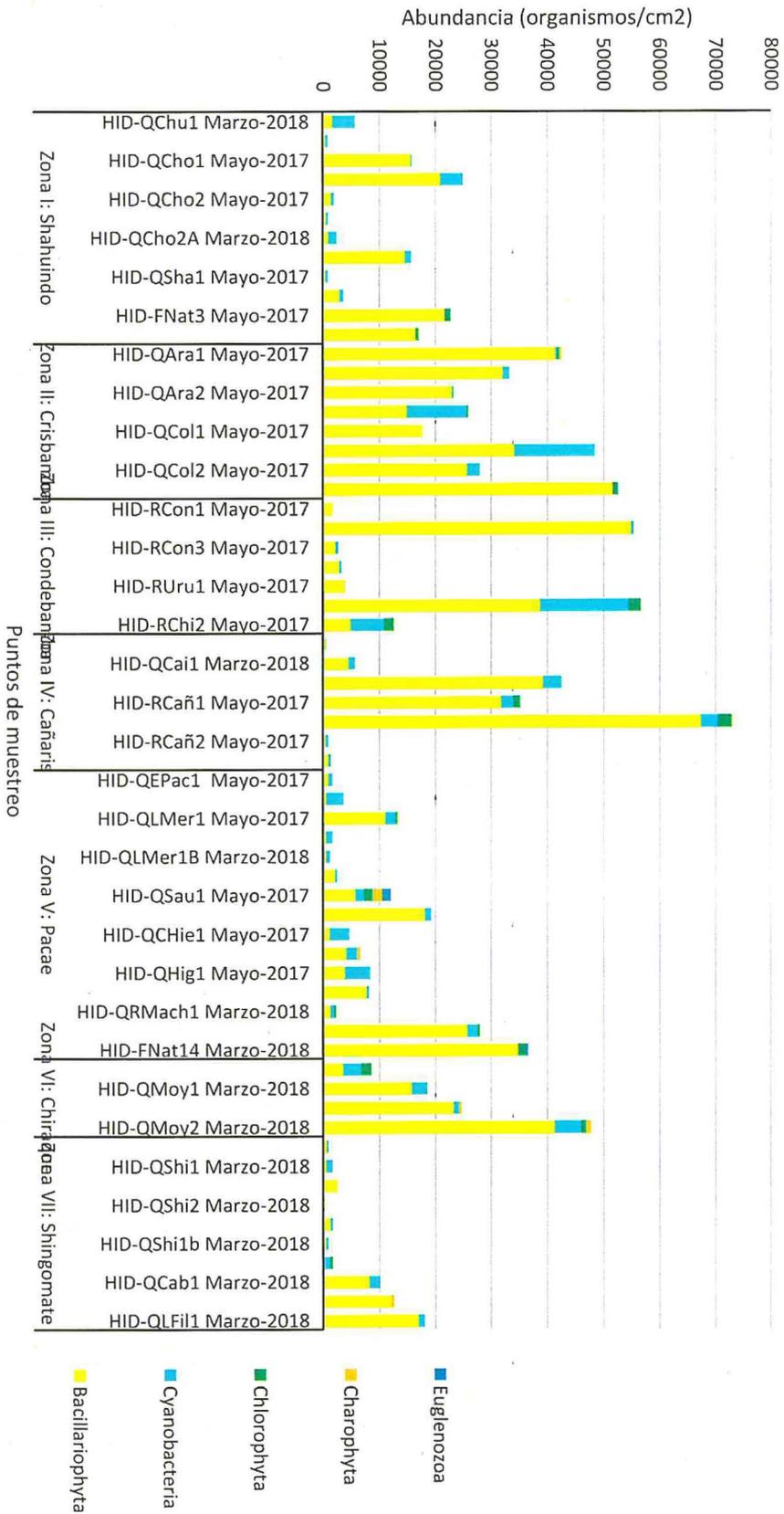
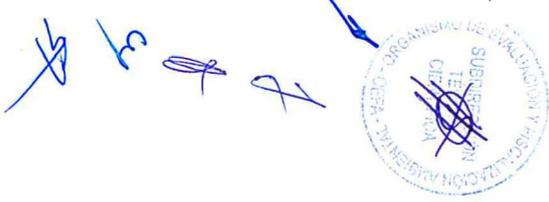


Figura 7-42. Abundancia de perifiton (microalgas) por punto de muestreo y phylum en mayo-2017 y marzo-2018





- **Diversidad alfa**

En la Tabla 7-45 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa en mayo-2017 y marzo-2018.

Con respecto a los índices de diversidad en mayo-2017, el índice J' los mayores valores se presentaron en los puntos HID-QCho2, HID-QAra2, HID-RUru1, HID-RCañ1, HID-QEPac1, HID-QMoy1 e HID-QShi1 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII respectivamente. El índice D presentó los mayores valores en los puntos HID-QChu2, HID-QCol2, HID-RCon1, HID-RCañ2, HID-QCHie1, HID-QMoy1 e HID-QShi1 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII respectivamente. Asimismo, el índice N1 presentó los mayores valores en los puntos HID-QCho1, HID-QAra1, HID-QLan1, HID-RCañ1, HID-QSau1, HID-QMoy2 e HID-QShi2 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII respectivamente.

Respecto a los índices de diversidad en marzo-2018, el índice J' presentó los mayores valores en los puntos HID-QCho2, HID-QCol2, HID-RCon3, HID-RCañ2, HID-QLMer1, HID-QMoy2 e HID-QCab1 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII respectivamente. Asimismo, el índice D presentó los mayores valores en los puntos HID-QCho2A, HID-QAra2, HID-RCon3, HID-QCai1, HID-QLMer1B, HID-QMoy1 e HID-QShi2 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII respectivamente. Por otro lado, el índice N1 presentó los mayores valores en los puntos HID-QCho1, HID-QCol1, HID-RCon1, HID-RCañ1, HID-FNat8, HID-QMoy2 e HID-QEGra1 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII.

Tabla 7-45. Diversidad alfa del perifiton por zona y punto de muestreo evaluados en mayo-2017 y marzo-2018

Zona	Punto de muestreo	Mes y año	Pielo (J')	Dominancia (D)	Hill (N1)
Zona I	HID-QChu1	Marzo 2018	0,918	0,149	7,512
	HID-QChu2	Mayo 2017	0,919	0,555	1,890
	HID-QCho1	Mayo 2017	0,874	0,155	7,477
		Marzo 2018	0,934	0,063	18,715
	HID-QCho2	Mayo 2017	0,982	0,347	2,942
		Marzo 2018	1,000	0,500	2,000
	HID-QCho2A	Marzo 2018	0,790	0,500	2,381
	HID-QCho1A	Marzo 2018	0,754	0,222	6,912
	HID-QSha1	Mayo 2017	0,919	0,555	1,890
		Marzo 2018	0,946	0,235	4,586
HID-FNat3	Mayo 2017	0,821	0,262	4,353	
	Marzo 2018	0,871	0,112	10,578	
Zona II	HID-QAra1	Mayo 2017	0,900	0,050	25,164
		Marzo 2018	0,871	0,085	15,929
	HID-QAra2	Mayo 2017	0,914	0,066	18,243
		Marzo 2018	0,811	0,157	8,493
	HID-QCol1	Mayo 2017	0,923	0,089	13,651
		Marzo 2018	0,889	0,084	16,856
HID-QCol2	Mayo 2017	0,892	0,086	14,466	
	Marzo 2018	0,893	0,080	15,810	
Zona III	HID-RCon1	Mayo 2017	0,970	0,222	4,764



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Zona	Punto de muestreo	Mes y año	Piolo (J')	Dominancia (D)	Hill (N1)
	HID-RCon3	Marzo 2018	0,882	0,060	21,867
		Mayo 2017	0,985	0,120	8,707
		Marzo 2018	0,967	0,188	5,657
	HID-RUru1	Mayo 2017	0,854	0,221	5,269
	HID-QLan1		0,907	0,072	16,520
	HID-RChi2		0,900	0,138	8,657
Zona IV	HID-QCai1	Mayo 2017	0,772	0,474	2,334
		Marzo 2018	0,845	0,357	3,225
	HID-QTEAg1	Marzo 2018	0,801	0,122	11,473
	HID-RCañ1	Mayo 2017	0,925	0,062	19,610
		Marzo 2018	0,843	0,083	16,615
	HID-RCañ2	Mayo 2017	0,692	0,521	2,138
Marzo 2018		0,912	0,297	3,539	
Zona V	HID-QEPac1	Mayo 2017	0,959	0,278	3,781
		Marzo 2018	0,853	0,432	2,552
	HID-QLMer1	Mayo 2017	0,766	0,228	5,386
		Marzo 2018	1,000	0,250	4,000
	HID-QLMer1B	Marzo 2018	0,918	0,556	1,890
	HID-QLMer2		0,970	0,222	4,762
	HID-QSau1	Mayo 2017	0,926	0,128	9,216
		Marzo 2018	0,879	0,115	10,799
Zona VI	HID-QChie1	Mayo 2017	0,670	0,446	3,322
		Marzo 2018	0,962	0,109	10,041
	HID-QHig1	Mayo 2017	0,695	0,351	4,239
		Marzo 2018	0,873	0,180	7,473
	HID-QRMach1	Marzo 2018	0,951	0,235	4,618
	HID-FNat8		0,929	0,072	16,186
	HID-FNat14		0,850	0,103	12,767
Zona VII	HID-QMoy1	Mayo 2017	0,847	0,156	8,786
		Marzo 2018	0,845	0,131	10,410
	HID-QMoy2	Mayo 2017	0,881	0,076	18,244
		Marzo 2018	0,921	0,044	28,517
Zona VIII	HID-QShi1	Mayo 2017	0,919	0,555	1,890
		Marzo 2018	0,946	0,375	2,828
	HID-QShi2	Mayo 2017	0,773	0,506	2,337
		Marzo 2018		1,000	1,000
	HID-QShi1a	Marzo 2018	0,946	0,375	2,828
	HID-QShi1b		1,000	0,500	2,000
	HID-QChil1		0,817	0,327	3,722
	HID-QCab1		0,958	0,094	11,660
HID-QEGra1	0,921		0,084	14,323	



1
1
f
cy
SA



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Zona	Punto de muestreo	Mes y año	Pielo (J')	Dominancia (D)	Hill (N1)
	HID-QLF11		0,921	0,091	13,607

Valores máximos de índices de diversidad alfa
Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

En la Figura 7-43 se presenta el dendrograma de similitud del perifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis en mayo-2017. El aspecto más notable es la formación de un solo grupo denominado grupo I, el cual presentó un porcentaje de similitud de 15,50 %. Este grupo está representado principalmente por los puntos que presentaron los mayores registros de riqueza y abundancia en las cinco zonas evaluadas y, también, todos los puntos pertenecientes a la zona II.

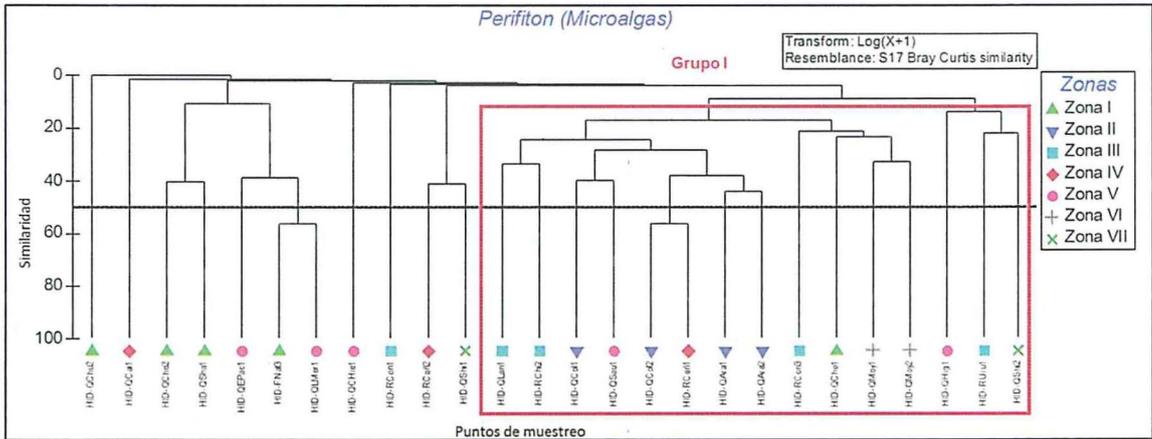


Figura 7-43. Dendrograma de similitud del perifiton (microalgas) en mayo-2017

En la Figura 7-44 se presenta el dendrograma de similitud del perifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis en marzo-2018. El aspecto más notable es la formación de dos grupos denominados grupo I y Grupo II, el cual presentó un porcentaje de similitud de 14,39 %. Este grupo está representado principalmente por los puntos que presentaron evaluados pertenecientes a la zona II.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

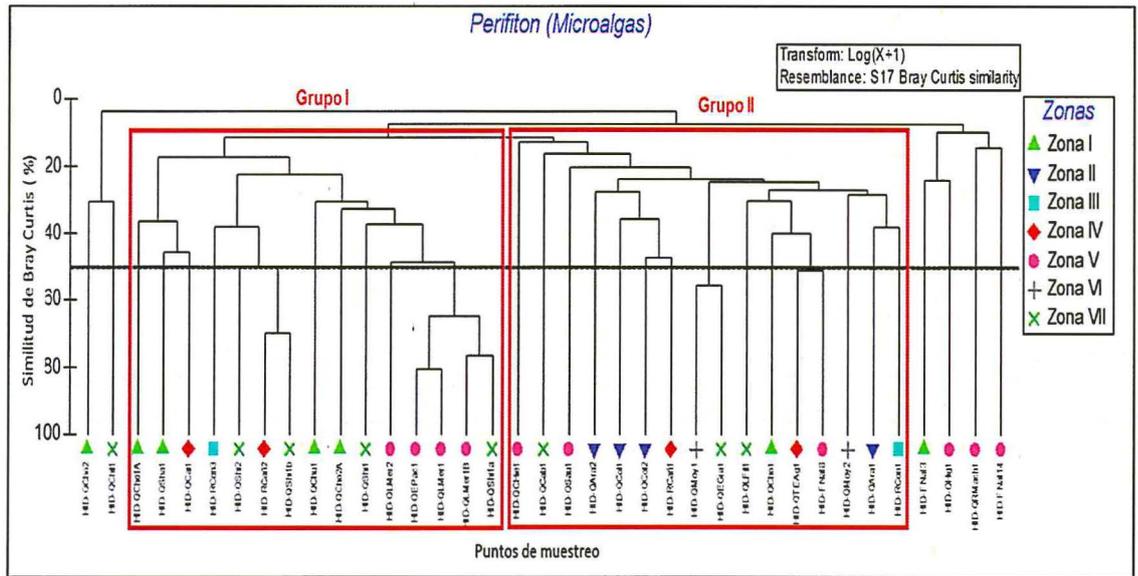


Figura 7-44. Dendrograma de similitud del perifiton (microalgas) en marzo-2018

7.3.1.3. Microorganismos

En relación con los microorganismos encontrados en mayo-2017, solo se reportaron 3 taxa, pertenecientes a los phyla Amoebozoa, Ciliophora y Nematoda, distribuidos en 3 puntos de muestreo; en los puntos restantes no se halló ningún organismo. En todos los puntos donde se encontró microorganismos solo se registró 1 taxa. La mayor abundancia perteneció al punto HID-QCHie1, correspondiente a la Zona V, con 35 organismos/cm²; en los dos puntos restantes, HID-RUru1 y HID-RCon3, ambas correspondientes a la Zona III, solo se reportaron 3 organismos/cm² en cada una. No se calcularon índices de diversidad por haberse reportado un número de especies poco útil para su análisis.

Tabla 7-46. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en mayo-2017

Phylum	Taxa (organismos/cm ²)	Zonas de evaluación		
		Zona III		Zona V
		HID-RUru1	HID-RCon3	HID-QCHie1
AMOEBOSOA	<i>Diffugia globulosa</i>	3	0	0
CILIOPHORA	<i>Zoothamnium sp.</i>	0	0	35
NEMATODA	Nematoda n/i	0	3	0
S (Riqueza)		1	1	1
N (Abundancia)		3	3	35

Respecto a los microorganismos encontrados en marzo-2018, solo se reportaron 5 taxa, pertenecientes a los phyla Amoebozoa, Cercozoa, Ciliophora y Nematoda, distribuidos en 3 puntos de muestreo; en los puntos restantes no se halló ningún organismo. En todos los puntos donde se encontró microorganismos solo se registró 1 taxa. La mayor abundancia perteneció al punto HID-RCon1. No se calcularon índices de diversidad por haberse reportado un número de especies muy reducido para su análisis.



Tabla 7-47. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en marzo-2018

PHYLUM	Taxa (organismos/cm ²)	Zona de evaluación		
		Zona III	Zona V	Zona VII
		HID-RCon1	HID-FNat14	HID-QCab1
Amoebozoa	<i>Arcella discoides</i>	8	0	0
Cercozoa	<i>Euglypha strigosa</i>	0	0	16
Cercozoa	<i>Euglypha compresa</i>	0	16	0
Ciliophora	<i>Euplotes</i> sp.	24	0	0
Nemata	"Nemátodo" sp. 1	0	8	0
S (Riqueza)		2	2	1
N (Abundancia)		32	24	16

7.3.1.4. Macroinvertebrados bentónicos

- Composición y riqueza

En mayo-2017, fueron encontrados un total de 65 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 25 puntos de muestreo. En todos los puntos de muestreo los órdenes correspondientes a insectos acuáticos presentaron una contribución mayor o igual al 50% de la riqueza total, siendo los órdenes Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera los más representativos. En marzo-2018, se encontraron un total de 67 taxa de macroinvertebrados bentónicos distribuidos en 35 puntos de muestreo. Al igual que la época de colecta anterior en todos los puntos de muestreo los insectos acuáticos presentan más del 50 % de la riqueza total, destacándose los órdenes Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera. En la Figura 7-45 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden en mayo-2017 y marzo-2018.

- Zona I

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza (13 taxa) correspondió, por mucho, al punto HID-QCho1, ubicado aguas arriba del área de uso minero de la UM Shahuindo. El resto de los puntos presentó una riqueza mucho menor (2 taxa), ubicándose estas aguas abajo del área de uso minero de la UM Shahuindo. En todos los puntos de muestreo la riqueza estuvo conformada principalmente insectos, destacando entre ellos los pertenecientes a los órdenes Diptera y Coleoptera. En marzo-2018, la mayor riqueza se siguió registrando en el punto HID-QCho1 con 18 taxa, donde se destacó los órdenes Diptera y Coleoptera. Mientras que los puntos HID-QCho2A, HID-QCho2 e HID-QSha1 presentaron cuatro, tres y un taxa respectivamente. Cabe señalar que los puntos HID-QChu1 e HID-QChi1A, no se encontró ningún organismo.

- Zona II

En mayo-2017, se observó que los valores más altos de riqueza correspondieron a los puntos HID-QCol1, HID-QCol2 e HID-QAra1, ubicadas aguas arriba de centros poblados, con una riqueza igual o superior a 10 taxa, y el valor más bajo correspondió



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large '1' and various initials.



al punto HID-QAra2, ubicada aguas abajo del centro poblado Araqueda, con una riqueza de 5 taxa. En todos los puntos de muestreo estuvieron presentes los órdenes Diptera y Ephemeroptera; mientras que Coleoptera solo se encontró en los puntos ubicadas aguas arriba de los centros poblados. En marzo-2018, se registraron valores altos de riqueza en todos los puntos evaluados de la zona II, los valores de riqueza que variaron de 10 a 21 taxa. Los órdenes Coleoptera, Diptera y Ephemeroptera, estuvieron presentes en los todos los puntos evaluados.

- **Zona III**

En mayo-2017, todos los puntos tienen en común su ubicación en una amplia zona agrícola. En ella se observó que la mayor riqueza (14 taxa) correspondió el punto HID-QLan1, ubicada en la quebrada Lanla, aproximadamente a 6 km aguas abajo de Cajabamba. Los puntos restantes presentaron una riqueza mucho menor, que en ningún caso fue mayor a 3 taxa. En lo que respecta a la composición de taxa, destacó la presencia de Ephemeroptera solo en el punto HID-QLan1. En marzo-2018, se redujo la red de muestreo de cinco puntos a dos, siendo estos HID-RCon1 e HID-RCon3. Se observó un valor bajo de riqueza en el punto HID-RCon3 con solo dos taxa del orden Diptera. Mientras en el punto HID-RCon1 no se encontró ningún organismo.

- **Zona IV**

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-RCañ1 (10 taxa), no obstante, la diferencia con respecto a los puntos restantes, HID-QCai1 y HID-RCañ2, no fue muy grande, pues estas últimas presentaron un taxa de cinco cada uno. En lo que respecta a la composición de taxa, destacó la presencia de Ephemeroptera solo en el punto HID-RCañ1. En marzo-2018, se observó que el mayor valor de riqueza lo siguió registrando el punto HID-RCañ1 (13 taxa), notándose una diferencia con los demás puntos restantes, HID-QCai1 y HID-RCañ2, donde se obtuvo valores de riqueza de tres y siete taxa respectivamente. Mientras que el punto HID-QTEAg1 no se registró ningún organismo. Se resalta la presencia de los órdenes Plecoptera y Trichoptera solo en el punto HID-RCañ1.

- **Zona V**

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QSau1 (16 taxa), destacándose el orden Diptera. Mientras que los restos de puntos como HID-QChie1, HID-QHig1, HID-QLMer1 e HID-QEPac1 presentaron valores de riqueza de 11, seis, cuatro y tres respectivamente. Se destaca la presencia de los órdenes Lepidóptera y Odonata, solo en el punto HID-QSau1 y el orden Megaloptera en el punto HID-QEPac1. En marzo-2018, se observó que se siguió registrando el mayor valor de la riqueza en el punto HID-QSau1 con 20 taxa. Mientras que los puntos HID-QChie1, HID-QHig1, HID-QLMer1, HID-QLMer1B, HID-QLMer2 HID-QRMach1, HID-FNat8 e HID-QEPac1 presentaron un valor de riqueza que vario de uno a ocho taxa. Se destaca la presencia de los órdenes Lepidóptera y Odonata, solo en el punto HID-QSau1 y el orden Metacopina en el punto HID-QChie1.

- **Zona VI**

En mayo-2017, se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QMoy2 con 16 taxa, mientras que en el punto HID-QMoy1, se registró 12 taxa. Cabe indicar que en ambos puntos evaluados se encontraron los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera. En marzo-2018, se observó que el mayor valor de riqueza se siguió registrando en el punto QMoy2 con 21 taxa, mientras que en el punto



Handwritten blue mark resembling a vertical line with a hook at the bottom.

Handwritten blue mark resembling a vertical line with a hook at the bottom.

Handwritten blue mark resembling a vertical line with a hook at the bottom.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

HID-QMoy1, se registró 12 taxa. En ambos puntos se encontraron presentes los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera y Odonata.

- **Zona VII**

En mayo-2017, se observó que el valor de la riqueza fue la misma en los puntos HID-QSh1 y HID-QSh2, con tres taxa cada uno, destacándose la presencia de los órdenes Diptera y Coleóptera. En marzo-2018, se amplió la red de muestreo de dos a ocho puntos. Se observó que el mayor valor de riqueza lo registró el punto HID-QEGra1 con 10 taxa. Los otros puntos como HID-QSh1, HID-QSh1a, HID-QChil1, HID-QCab1 e HID-QLFil1, presentaron valores de riqueza de dos a ocho taxa. Mientras que los puntos HID-QSh2 e HID-QSh1b, no registraron ningún organismo.



f
f
y
g



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Macroinvertebrados Benthónicos

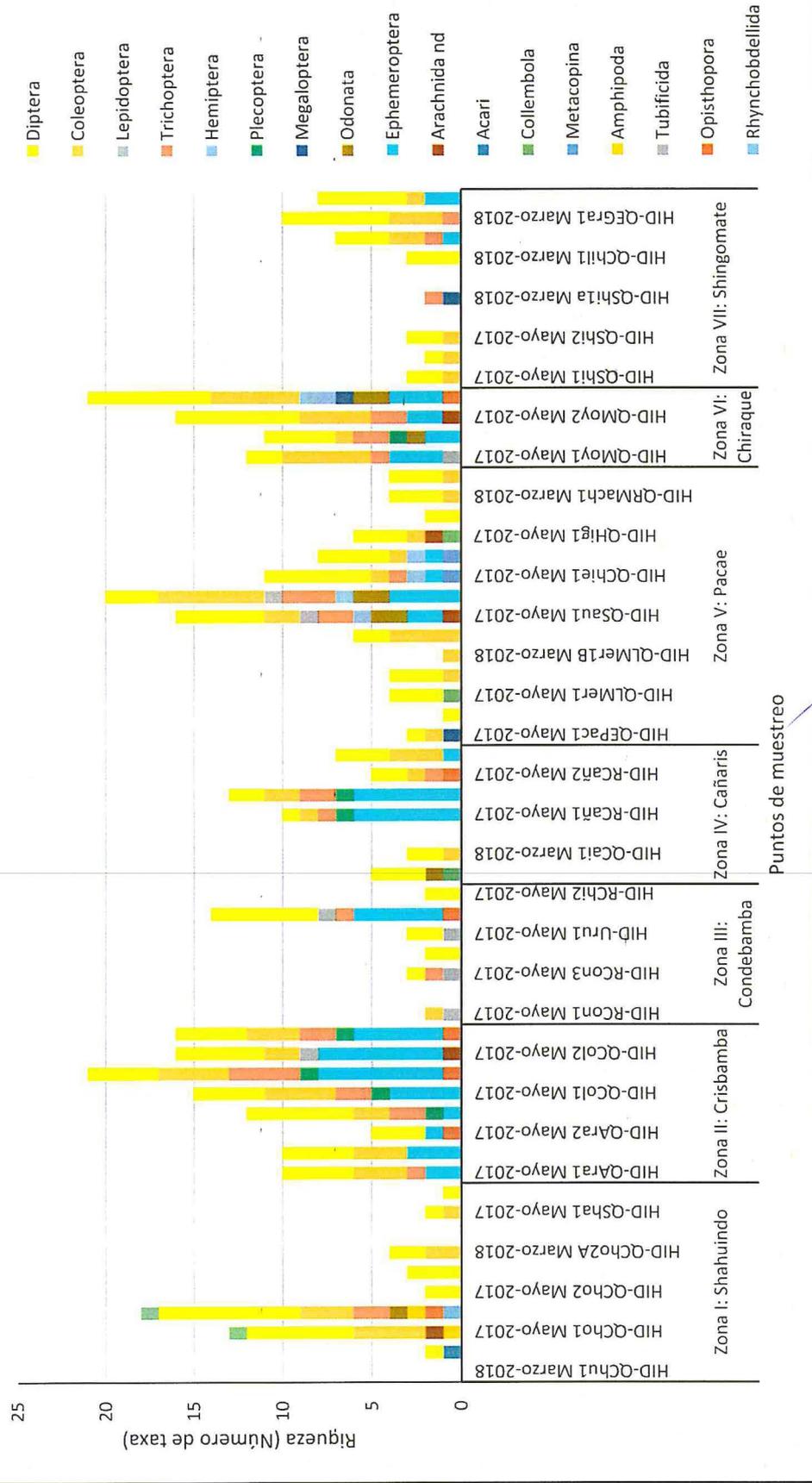


Figura 7-45. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos por orden y punto de muestreo en mayo-2017 y marzo-2018





- **Abundancia**

En la Figura 7-46 con los datos reportados en mayo-2017, se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Los mayores valores de abundancia de las Zonas I, II, III, IV, V, VI y VII, fueron 208, 1644, 1376, 128, 708, 1564 y 20 organismos/0,27 m², respectivamente. En todos los puntos de muestreo los órdenes correspondientes a insectos acuáticos presentaron una contribución mayor al 60% de la abundancia total, destacando en orden de importancia Diptera, Ephemeroptera, y en menor medida el orden Coleoptera.

Respecto a los datos reportados en marzo-2018 (ver Figura 7-56), los mayores valores de abundancia de las Zonas I, II, III, IV, V, VI y VII, fueron 222, 772, 2, 64, 236, 300 y 25 organismos/0,27 m², respectivamente. En todos los puntos de muestreo los órdenes correspondientes a insectos acuáticos presentaron una gran contribución a la abundancia total, destacando los órdenes Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera.

- **Zona I**

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia (208 organismos/0,27m²) correspondió, por mucho, al punto HID-QCho1, ubicado aguas arriba del área de actividad minera de la UM Shahuindo. El resto de los puntos presentó una abundancia menor o igual a 12 organismos/0,27 m², tales puntos se ubicaron aguas abajo del área de operaciones de la UM Shahuindo. En todos los puntos de muestreo la abundancia correspondió principalmente a la clase Insecta, destacando entre ellos los órdenes Diptera y Coleoptera. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza. En marzo-2018, se observó que la mayor abundancia se siguió registrando el punto HID-QCho1 (222 organismos/0,27m²), donde se destacó los órdenes Amphipoda, Diptera y Coleóptera. Los otros puntos presentaron una abundancia menor a 5 organismos/0,27m². Mientras que en los puntos HID-QChu1 y HID-QCho1A, no se registró ningún organismo.

- **Zona II**

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia correspondió, por mucho, al punto HID-QCol2 con 1644 organismos/0,27m²; el resto de los puntos, HID-QCol1, HID-QAra1 e HID-QAra2, presentaron valores de abundancias menores o iguales a 352 organismos/0,27m². En todos los puntos de muestreo la mayor abundancia perteneció a Diptera, excepto en HID-QCol1, donde Ephemeroptera fue más abundante. En marzo-2018, se observó la mayor abundancia lo registró el punto HID-QCol1 con 772 organismos/0,27m², destacándose los órdenes Amphipoda y Ephemeroptera. Los puntos HID-QAra1, HID-QAra2 y HID-QCol2, registraron una abundancia menor a o iguales a 86 organismos/0,27m². Asimismo, en los puntos mencionados el orden Diptera presentó la mayor abundancia.

- **Zona III**

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia (1376 organismos/0,27m²) correspondió, por mucho, al punto HID-QLan1, ubicada en la quebrada Lanla, aproximadamente a 6 km aguas abajo de Cajabamba. Los puntos restantes presentaron una abundancia mucho menor, que en ningún caso fue mayor a 16 organismos/m². En todos los puntos de muestreo, la mayor abundancia estuvo conformada por Diptera, excepto en HID-QCol1, donde Trichoptera fue más abundante. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza. En marzo-2018, se redujo la red de muestreo de cinco a dos, siendo estos



Handwritten signatures and initials in blue ink.

Handwritten initials 'cy' and a signature in blue ink.



puntos HID-Rcon1 y HID-Rcon3. Se observó un valor bajo de abundancia de 2 organismos/0,27 m² en el punto HID-Rcon3. Mientras que en el punto HID-Rcon1, no se registró ningún organismo.

- Zona IV

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-RCañ1 (128 organismos/0,27m²), no obstante, la diferencia con respecto a la abundancia de los puntos HID-QCai1 e HID-RCañ2 no fue tan grande como en las zonas I y III, pues estos dos últimos puntos presentaron 20 y 36 organismos/0,27m², respectivamente. La mayor parte de la abundancia de los puntos HID-RCañ1 e HID-RCañ2 correspondió al orden Ephemeroptera. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza. En marzo-2018, se observa el mayor valor de abundancia se siguió registrando en el punto HID-RCañ1 con 128 organismos/0,27m², destacándose el orden Ephemeroptera. Mientras que en los puntos HID-QCai1 e HID-RCañ2, se registraron 5 y 9 organismos/0,27m² respectivamente. Destacándose el orden Díptera en el punto HID-QCai1 y Coleoptera en HID-RCañ2. Cabe mencionar que en el punto HID-QTEAg1 no se registró ningún organismo.

- Zona V

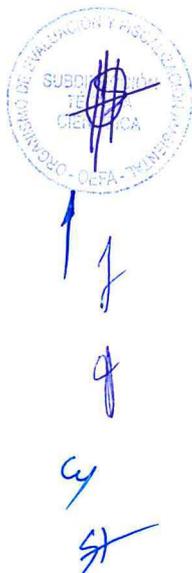
En mayo-2017, se observó que las mayores abundancias correspondieron a los puntos HID-QSau1 e HID-QChie1, con valores de 632 y 738 organismos/0,27m² respectivamente, destacándose los órdenes Coleoptera y Ephemeroptera, siendo el primero de ellos el que se presentó en mayor proporción. Mientras que los puntos HID-QEPac1, HID-QLMer1 e HID-QHig1, registraron valores iguales o menores a 32 organismos/0,27m². La abundancia estuvo representada principalmente por el orden Díptera en los puntos HID-QLMer1 e HID-QHig1, y por iguales proporciones de los órdenes Megaloptera, Coleoptera y Díptera, en el punto HID-QEPac1. En marzo-2018, la mayor abundancia se registró en el punto HID-QSau1 con 236 organismos/0,27m², destacándose los órdenes Coleoptera y Ephemeroptera. Mientras que los puntos HID-QEPac1, HID-QLMer1, HID-QLMer1B, HID-QLMer2, HID-QChi1, HID-QHig1, HID-QRMach1 y HID-FNat8, presentaron una abundancia igual o menor a 37 organismos/0,27m², destacándose al orden Díptera en todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos HID-QLMer1B e HID-QLMer2, donde destacó el orden Coleoptera.

- Zona VI

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QMoy2, con valor de 1564 organismos/0,27m², destacándose los órdenes Coleoptera, Díptera y Ephemeroptera. Mientras que el punto HID-QMoy1 registró un valor de abundancia de 72 organismos/0,27m². En marzo-2018, la mayor abundancia la siguió registrando el punto HID-QMoy2, con valor de 300 organismos/0,27m². Mientras que en el punto HID-QMoy1 registró un valor de abundancia de 26 organismos/0,27m². En ambos puntos evaluados, se destacó la mayor contribución del orden Díptera a la abundancia.

- Zona VII

En mayo-2017, se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QShi1 con 20 organismos/0,27m². Mientras que el punto HID-QShi2 registró una abundancia de 16 organismos/0,27m². En ambos puntos de muestreo, los órdenes Díptera y coleóptera contribuyeron a la abundancia, el primero de ellos en mayor proporción. En marzo-2018, la mayor abundancia la registró el punto HID-QLFil1 con 25





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

organismos/0,27m², destacándose los órdenes Diptera y Ephemeroptera. Mientras que en los puntos HID-QShi1, HID-QShi1a, HID-QChil1, HID-QCab1 y HID-QEGra1, presentaron una abundancia igual o menor a 18 organismos/0,27m². Cabe mencionar que en los puntos HID-QShi2 y HID-QShi1b, no se registró ningún organismo.



↑
J

Q

W

Q



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Macroinvertebrados Bentónicos

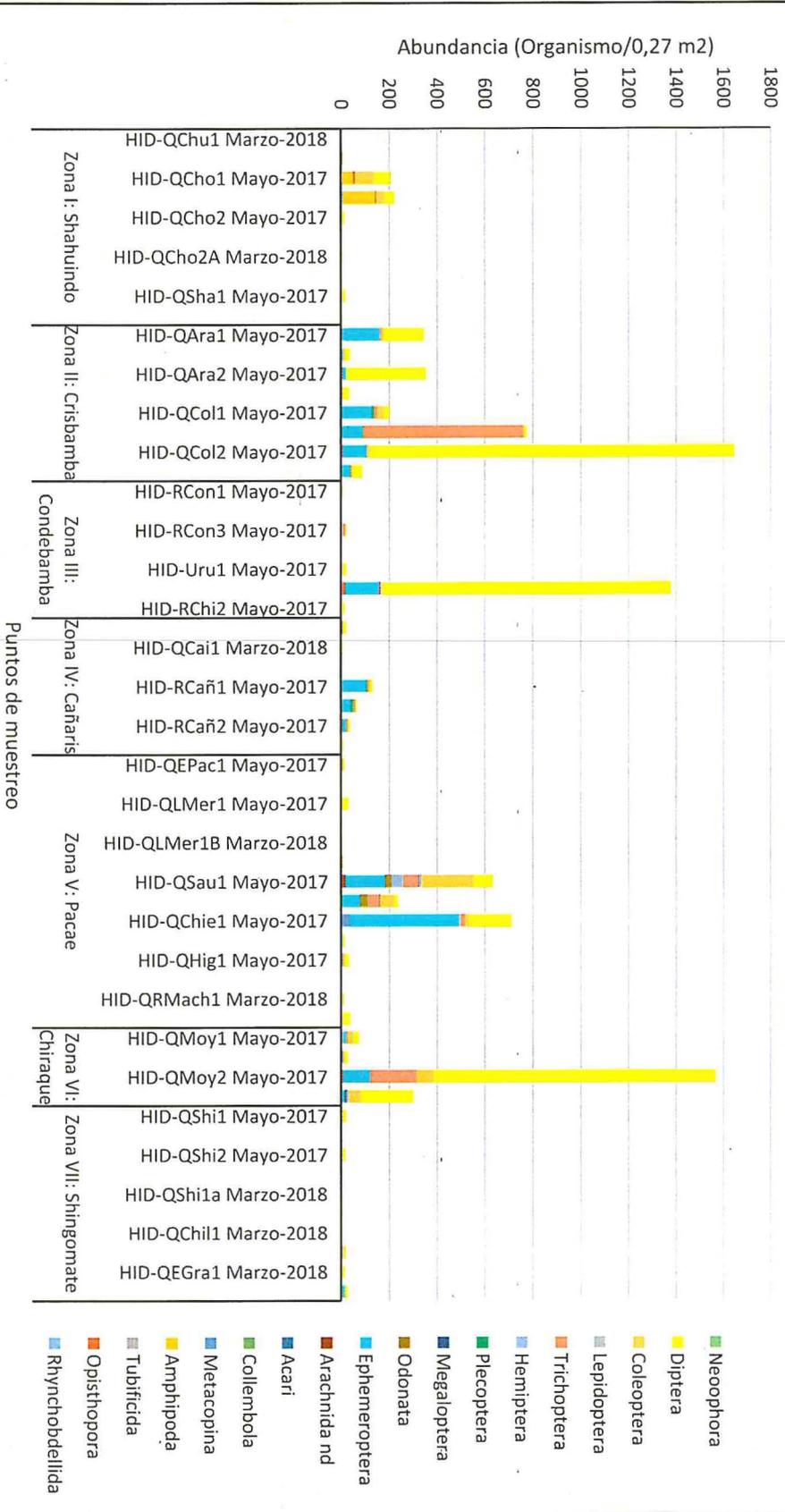


Figura 7-46. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por orden y punto de muestreo evaluados en mayo-2017 y marzo-2018

• **Diversidad alfa**

En la Tabla 7-48 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa con los puntos de muestreo evaluados en mayo-2017 y marzo-2018.

Con respecto a lo reportado en mayo-2017, el índice J' presento los mayores en los puntos HID-QSha1, HID-QAra1, HID-RCon1, HID-RCon3, HID-QCai1, HID-QEpac1, HID-QMoy1 e HID-QShi1 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII. Con respecto al índice D los mayores valores se presentaron en los puntos HID-QCho2, HID-QCol2, HID-RChi2, HID-RCañ1, HID-QEpac1, HID-QMoy2 e HID-QShi2 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII. Respecto al índice N1 presentó los mayores valores en los puntos HID-QCho1, HID-QCol1, HID-QLan1, HID-RCañ2, HID-QSau1, HID-QMoy1 e HID-QShi2 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII.

Respecto a los resultados de marzo-2018, el índice J' presento los mayores en los puntos HID-QCho2A, HID-QAra1, HID-RCon3, HID-RCañ2, HID-QLMer1, HID-QMoy1 e HID-QShi1 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII. Asimismo, le índices D presentó los valores más altos en los puntos HID-QSha1, HID-QCol1, HID-RCon3, HID-QCai1, HID-QEpac1, HID-QMoy2 e HID-QShi1a para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII. Por otro lado, el índice N1 presento los valores más altos en los puntos HID-QCho1, HID-QCol2, HID-RCon3, HID-RCañ1, HID-QSau1, HID-QMoy1 e HID-QEGra1 para las zonas I, II, III, IV, V, VI y VII.

Tabla 7-48. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por zona y punto en mayo-2017 y marzo-2018

Zona	Punto de muestreo	Mes y año	Pielou (J')	Dominancia (D)	HIII (N1)
Zona I	HID-QChu1	Marzo 2018	0,000	0,000	0,000
	HID-QChu2	Mayo 2017	1,000	0,500	2,000
	HID-QCho1	Mayo 2017	0,786	0,192	7,516
		Marzo 2018	0,517	0,408	4,458
	HID-QCho2	Mayo 2017	0,918	0,556	1,890
		Marzo 2018	0,918	0,556	1,890
	HID-QCho2A	Marzo 2018	0,961	0,280	3,789
	HID-QCho1A	Marzo 2018	0,000	0,000	0,000
HID-QSha1	Mayo 2017	1,000	0,500	2,000	
	Marzo 2018		1,000	1,000	
Zona II	HID-QAra1	Mayo 2017	0,648	0,291	4,443
		Marzo 2018	0,857	0,185	7,200
	HID-QAra2	Mayo 2017	0,558	0,487	2,456
		Marzo 2018	0,769	0,229	6,763
	HID-QCol1	Mayo 2017	0,660	0,332	5,965
		Marzo 2018	0,256	0,725	2,179
HID-QCol2	Mayo 2017	0,212	0,799	1,798	
	Marzo 2018	0,754	0,168	8,093	
Zona III	HID-RCon1	Mayo 2017	1,000	0,500	2,000
		Marzo 2018	0,000	0,000	0,000
	HID-RCon3	Mayo 2017	0,865	0,440	2,586
		Marzo 2018	1,000	0,500	2,000

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Zona	Punto de muestreo	Mes y año	Pielou (J')	Dominancia (D)	Hill (N1)
	HID-Uru1	Mayo 2017	0,865	0,440	2,586
	HID-QLan1	Mayo 2017	0,485	0,412	3,598
	HID-RChi2	Mayo 2017	0,918	0,556	1,890
Zona IV	HID-QCai1	Mayo 2017	1,000	0,200	5,000
		Marzo 2018	0,865	0,440	2,586
	HID-QTEAg1	Marzo 2018	0,000	0,000	0,000
	HID-RCañ1	Mayo 2017	0,801	0,211	6,330
		Marzo 2018	0,879	0,127	9,520
	HID-RCañ2	Mayo 2017	0,971	0,160	6,614
Marzo 2018		0,971	0,160	6,614	
Zona V	HID-QEpac1	Mayo 2017	1,000	0,333	3,000
		Marzo 2018		1,000	1,000
	HID-QLMer1	Mayo 2017	0,921	0,306	3,586
		Marzo 2018	1,000	0,250	4,000
	HID-QLMer1B	Marzo 2018		1,000	1,000
	HID-QLMer2	Marzo 2018	0,970	0,222	4,762
	HID-QSau1	Mayo 2017	0,756	0,175	8,137
		Marzo 2018	0,733	0,146	8,975
	HID-QChie1	Mayo 2017	0,563	0,437	3,857
		Marzo 2018	0,977	0,136	7,627
	HID-QHig1	Mayo 2017	0,967	0,188	5,657
Marzo 2018		1,000	0,500	2,000	
HID-QRMach1	Marzo 2018	0,678	0,520	2,561	
HID-FNat8	Marzo 2018	0,749	0,443	2,826	
Zona VI	HID-QMoy1	Mayo 2017	0,946	0,111	10,499
		Marzo 2018	0,897	0,151	8,597
	HID-QMoy2	Mayo 2017	0,598	0,318	5,256
		Marzo 2018	0,599	0,252	6,367
Zona VII	HID-QShi1	Mayo 2017	0,960	0,360	2,872
		Marzo 2018	1,000	0,500	2,000
	HID-QShi2	Mayo 2017	0,946	0,375	2,828
		Marzo 2018	0,000	0,000	0,000
	HID-QShi1a	Marzo 2018	0,918	0,556	1,890
	HID-QShi1b	Marzo 2018	0,000	0,000	0,000
	HID-QChil1	Marzo 2018	0,946	0,375	2,828
	HID-QCab1	Marzo 2018	0,827	0,253	5,001
HID-QEGra1	Marzo 2018	0,958	0,122	9,076	
HID-QLFil1	Marzo 2018	0,817	0,251	5,470	

Valores máximos de índices de diversidad alfa
Valores mínimos de índices de diversidad alfa



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large '1', 'J', 'cy', and 'ST'.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

- **Diversidad beta**

En la Figura 7-47 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis en mayo-2017. Claramente, se observa la formación de dos grupos bien diferenciados, los cuales tienen un porcentaje de similitud de 12,53 %. El primer grupo, denominado grupo I, estuvo integrado principalmente por todos los puntos que presentaron los mayores valores de riqueza y abundancia en todas las zonas.

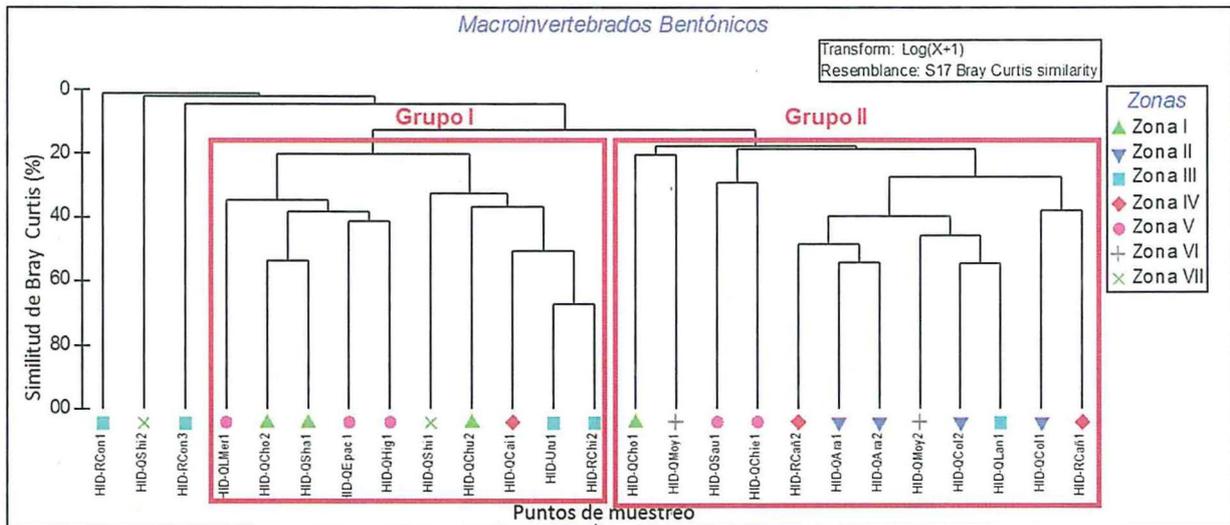


Figura 7-47. Dendrograma de similitud de en mayo-2017

En la Figura 7-48 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis en marzo-2018. Claramente, se observa la formación de tres grupos bien diferenciados, los cuales tienen un porcentaje de similitud de 15,78 %. El tercer grupo, denominado grupo III, estuvo integrado principalmente por todos los puntos que presentaron evaluados de la zona II.

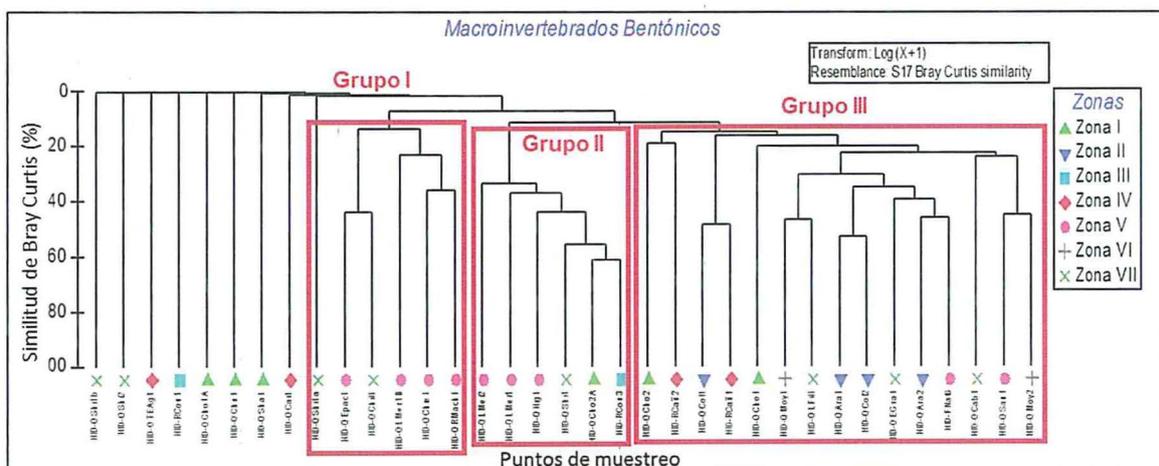


Figura 7-48. Dendrograma de similitud en marzo-2018

7.3.1.5. Calidad ecológica

En la Tabla 7-49 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados en mayo-2017 y marzo-2018. Los resultados de este análisis deberían ser tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa, lo cual no se realizó por cuestiones logísticas; sin embargo, dada la relativa homogeneidad de hábitats de los ambientes evaluados y la intensidad del muestreo, estos resultados pueden constituir una importante aproximación de la calidad ecológica. Pasando al análisis de resultados, se podría decir que, en concordancia con lo observado en riqueza, abundancia e índices de diversidad. Los puntos de muestreo evaluados en mayo-2017 como HID-QCho1, HID-QCol2, HID-QLan1, HID-RCañ1, HID-QSau1, HID-QMoy2 y HID-Chi2 presentaron la mejor calidad ecológica en sus respectivas zonas. Con respecto a los puntos evaluados en marzo-2018 tenemos que HID-QCho1, HID-QCol2, HID-RCañ1, HID-QSau1, HID-QMoy1, HID-QMoy2, HID-QCab1 presentaron mejor calidad ecológica, a excepción de los puntos HID-RCon1 y HID-RCon3 evaluados en la zona III que siguen manteniendo su calidad ecológica. Con este análisis se observaron mejor los contrastes y gradientes de impacto dentro de cada zona.

Tabla 7-49. Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S por zona y punto de muestreo en mayo-2017 y marzo-2018

Zona	Punto de muestreo	Mayo 2017			Marzo 2018		
		Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
Zona I	HID-QChu1	---	---	---	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QChu2	Buena	Pésima	Pésima	---	---	---
	HID-QCho1	Buena	Moderada	Moderada	Buena	Buena	Buena
	HID-QCho2	Buena	Pésima	Pésima	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QCho2A	---	---	---	Buena	Mala	Mala
	HID-QCho1A	---	---	---	Buena	Pésima	Pésima
Zona II	HID-QSha1	Buena	Pésima	Pésima	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QAra1	Buena	Moderada	Moderada	Buena	Mala	Mala
	HID-QAra2	Buena	Mala	Mala	Buena	Moderada	Moderada
	HID-QCol1	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Excelente	Moderada
Zona III	HID-QCol2	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
	HID-RCon1	Buena	Pésima	Pésima	Buena	Pésima	Pésima
	HID-RCon3	Buena	Pésima	Pésima	Buena	Pésima	Pésima
	HID-RUru1	Buena	Pésima	Pésima	---	---	---
	HID-QLan1	Excelente	Moderada	Moderada	---	---	---
Zona IV	HID-RChi2	Excelente	Pésima	Pésima	---	---	---
	HID-QCai1	Buena	Mala	Mala	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QTEAg1	---	---	---	Buena	Pésima	Pésima
	HID-RCañ1	Excelente	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Zona V	HID-RCañ2	Buena	Mala	Mala	Buena	Mala	Mala
	HID-QEpac1	Buena	Pésima	Pésima	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QLMer1	Buena	Mala	Mala	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QLMer1B	---	---	---	Buena	Pésima	Pésima
Zona V	HID-QLMer2	---	---	---	Buena	Pésima	Pésima



Handwritten signatures and initials in blue ink.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Zona	Punto de muestreo	Mayo 2017			Marzo 2018		
		Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
	HID-QSau1	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
	HID-QChie1	Moderada	Moderada	Moderada	Buena	Mala	Mala
	HID-QHig1	Moderada	Mala	Mala	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QRMach1	---	---	---	Moderada	Pésima	Pésima
	HID-FNat8	---	---	---	Buena	Mala	Mala
Zona VI	HID-QMoy1	Buena	Moderada	Moderada	Buena	Buena	Buena
	HID-QMoy2	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Zona VII	HID-QShi1	Buena	Pésima	Pésima	Moderada	Pésima	Pésima
	HID-QShi2	Moderada	Mala	Mala	Moderada	Pésima	Pésima
	HID-QShi1a	---	---	---	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QShi1b	---	---	---	Mala	Pésima	Pésima
	HID-QChil1	---	---	---	Moderada	Pésima	Pésima
	HID-QCab1	---	---	---	Buena	Moderada	Moderada
	HID-QEGra1	---	---	---	Buena	Mala	Mala
	HID-QLFil1	---	---	---	Moderada	Mala	Mala

7.3.1.6. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

En la Figura 7-49 se presenta el análisis de correspondencia canónica de mayo-2017, con los principales parámetros de calidad de agua y de las abundancias de los taxa de macroinvertebrados bentónicos. Los parámetros de calidad de agua elegidos para el análisis fueron pH, conductividad eléctrica, cloruros, sulfatos y metales (aluminio, calcio, cobre, hierro, manganeso, magnesio, potasio, sodio y zinc totales), el resto de los parámetros fueron excluidos por presentar valores inferiores al límite de cuantificación del respectivo método o tener valores raros. Debido a la alta concentración de aluminio total en HID-QChu2 que distorsionaba el análisis inicial, se decidió excluir dicha estación para el análisis definitivo.

Los primeros ejes canónicos extraídos representaron un bajo porcentaje de variabilidad de la matriz de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 7-50). El primer eje canónico explicó el 15,99 % de la variabilidad y estuvo correlacionado positivamente con las variables pH y bicarbonatos y negativamente con las variables cloruros, aluminio, hierro y potasio totales (Tablas 7-50 y 7-51). El segundo eje canónico explicó el 11,82% de la variabilidad y sus principales correlaciones fueron negativas, con las variables conductividad eléctrica, sulfatos, calcio, magnesio y sodio totales (Tablas 7-50 y 7-51). La distribución de los puntos de muestreo en la Figura 7-49 muestra que aquellas que se ubicaron en el cuadrante superior derecho presentaron una calidad biótica buena, mientras que el resto de los puntos presentó una distribución más dispersa y una calidad biótica inferior. En cierto modo se aprecia que hay una relación entre una mejor calidad biótica y mayores valores de pH y concentración de bicarbonatos.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Tabla 7-50. Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC en mayo-2017

Eje	Valor propio	% variancia
1	0,57347	15,99
2	0,42381	11,82
3	0,40439	11,27
4	0,3675	10,25
5	0,34601	9,647
6	0,31205	8,7
7	0,26839	7,483
8	0,22915	6,389
9	0,20705	5,773
10	0,15373	4,286

Tabla 7-51. Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos en mayo-2017

Parámetros	Ejes				
	1	2	3	4	5
pH	0,44228	0,196934	0,121531	0,340877	-0,665413
C.E.	-0,178431	-0,598871	-0,241569	-0,283951	0,0845963
HCO ₃	0,420945	0,0270413	0,186144	0,220112	-0,598412
Cl ⁻	-0,727629	-0,376392	0,0373533	-0,226178	0,477375
SO ₄	-0,220034	-0,587409	-0,237538	-0,263852	-0,0479908
Al	-0,528134	-0,0528688	0,345652	-0,514008	0,224625
Ca	0,0565707	-0,526427	-0,256755	-0,16792	-0,153278
Cu	-0,152136	-0,329864	-0,024858	-0,70526	0,56864
Fe	-0,4136	-0,0904793	0,393061	-0,558707	0,239001
Mg	-0,0960496	-0,473415	-0,173035	-0,0873835	-0,0211748
Mn	-0,373284	-0,212638	-0,108285	-0,0895975	0,410828
K	-0,741228	-0,225214	-0,205976	0,260475	0,306512
Na	-0,0934762	-0,487695	-0,0332785	0,0663021	0,0893688
Zn	-0,304284	-0,311699	-0,100013	-0,515753	0,702204



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'J' and 'cy'.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

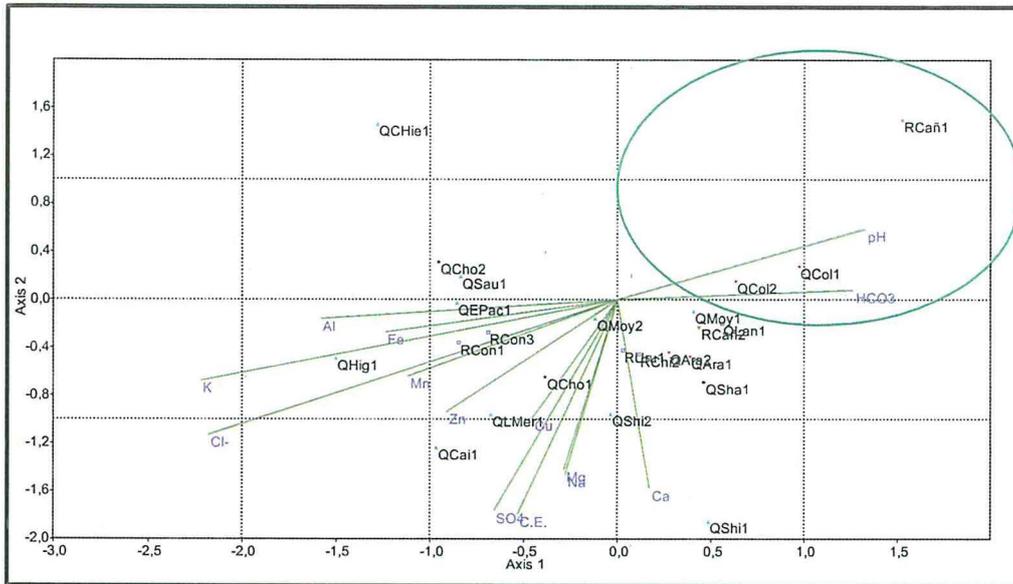


Figura 7-49. Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua en mayo-2017

En la Figura 7-50 se presenta el análisis de correspondencia canónica evaluado en marzo-2018, con los principales parámetros de calidad de agua y de las abundancias de los taxa de macroinvertebrados bentónicos. Los parámetros de calidad de agua elegidos para el análisis fueron pH, conductividad eléctrica, cloruros, sulfatos y metales (aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, magnesio, potasio, sodio y zinc totales), el resto de los parámetros fueron excluidos por presentar valores inferiores al límite de cuantificación del respectivo método o tener valores raros.

Los primeros ejes canónicos extraídos representaron un bajo porcentaje de variabilidad de la matriz de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 7-52). El primer eje canónico explicó el 21,21 % de la variabilidad y estuvo correlacionado positivamente con las variables cloruro, arsénico, cobre y sodio (Tablas 7-52 y 7-53). El segundo eje canónico explicó el 17,21% de la variabilidad y estuvo correlacionado positivamente con las variables pH y bicarbonatos, y negativamente con las variables conductividad eléctrica, cloruro, sulfato, aluminio, cobalto, potasio, magnesio, manganeso y zinc (Tablas 7-52 y 7-53). La distribución de los puntos de muestreo en la Figura 7-50 muestra que aquellas que se ubicaron en el cuadrante superior derecho presentaron una calidad biótica de moderada a buena, mientras que el resto de los puntos presentó una y una calidad biótica inferior. Se aprecia que hay una relación entre una mejor calidad biótica entre los mayores valores de pH y bicarbonatos.

Tabla 7-52. Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC, en marzo-2018

Eje	Valor propio	% variancia
1	0,47071	21,21
2	0,3818	17,21
3	0,31627	14,25
4	0,22855	10,3
5	0,1935	8,72
6	0,15824	7,131
7	0,10038	4,524

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Eje	Valor propio	% varianza
8	0,087873	3,96
9	0,06719	3,028
10	0,056891	2,564

Tabla 7-53. Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos, en marzo-2018

Parámetros	Ejes				
	1	2	3	4	5
pH	0,203192	0,605126	0,338552	-0,487628	-0,118231
C.E.	0,203686	-0,443479	-0,0884902	0,101657	0,362541
HCO ₃	0,12439	0,496156	0,273638	-0,433981	-0,11198
Cl ⁻	0,635211	-0,562187	-0,0367543	-0,0464392	0,0877474
SO ₄	0,231463	-0,485074	-0,126454	0,166357	0,338653
Al	0,0823969	-0,482007	-0,364927	-0,0165819	0,2929
As	0,575035	-0,0755554	0,218233	-0,0329179	-0,017046
Cd	0,209653	-0,29437	0,0110243	0,234294	0,246421
Co	-0,070597	-0,660312	-0,353708	0,51166	0,323716
Cu	0,688126	-0,138829	0,113599	0,240507	0,1098
Fe	0,260912	-0,192884	-0,139639	-0,196914	0,222896
K	0,108736	-0,714599	-0,30493	0,115096	0,26126
Mg	0,0746239	-0,43666	-0,145303	0,0778755	0,358646
Mn	0,043142	-0,626858	-0,22807	0,362262	0,216088
Na	0,46274	-0,447937	0,139956	-0,100388	0,0622831
Pb	0,0508623	-0,109562	-0,186483	-0,399592	0,231727
Zn	0,0735507	-0,503908	-0,0380996	0,487558	0,286294



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

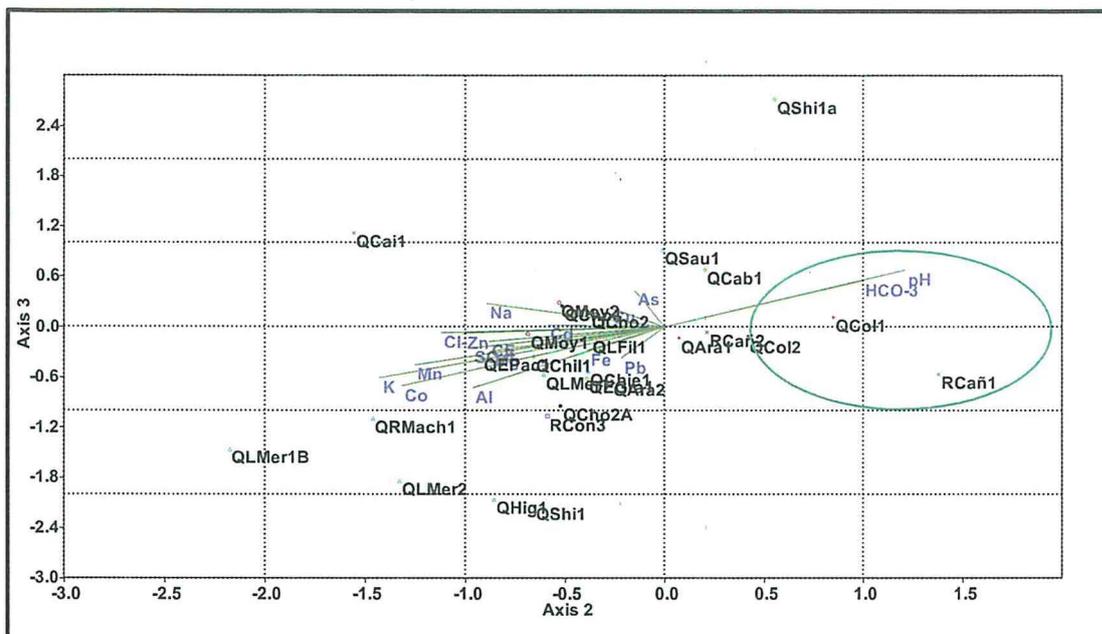


Figura 7-50. Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua evaluados en marzo-2018

7.3.2 Caracterización hidroquímica

Los balances iónicos de los 21 puntos de agua muestreados en época seca (mayo 2017)²⁷ tuvieron un rango entre -20,30% (QARA2) y 98,14% (QShi2) y el balance iónico de los 49 puntos de agua muestreados en época húmeda (marzo 2018) tuvieron un rango entre -0,11% (FNat11) y 81,02% (QCh11).

Se realizó un análisis hidroquímico en los cuerpos de agua para establecer su origen y su relación con la litología circundante en cada zona evaluada de acuerdo a las ubicaciones de cada punto según se detalla en el capítulo 4, ítem a.

Para representar y analizar los resultados, se utilizarán los métodos gráficos como son los diagramas ternarios, de Stiff, Piper y Gibbs.

7.3.2.1 Zona I: microcuenca Shahuindo

a) Diagramas de Piper

En mayo-2017, el diagrama de Piper (Figura 7-51), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Shahuindo (QSha1) se encontró clasificadas como aguas del tipo sulfatada cálcica.

El tramo de la quebrada Choloque que abarca desde la bocamina abandonada (Qs/n1) al punto QCho2 (aguas abajo de la bocamina abandonada) se encontró clasificadas como aguas tipo sulfatadas cálcica-magnésica; el manantial FNat3 se clasifica como sulfatada cálcica.

Los puntos QCho1 y FNat2 ubicados en la parte alta de la quebrada Choloque se encuentran clasificadas como bicarbonatada sódica.

²⁷ Corresponden a 21 muestras de metales disueltos que se tomaron en 21 de los 31 puntos de muestreo que se ejecutaron en total en mayo-2017.

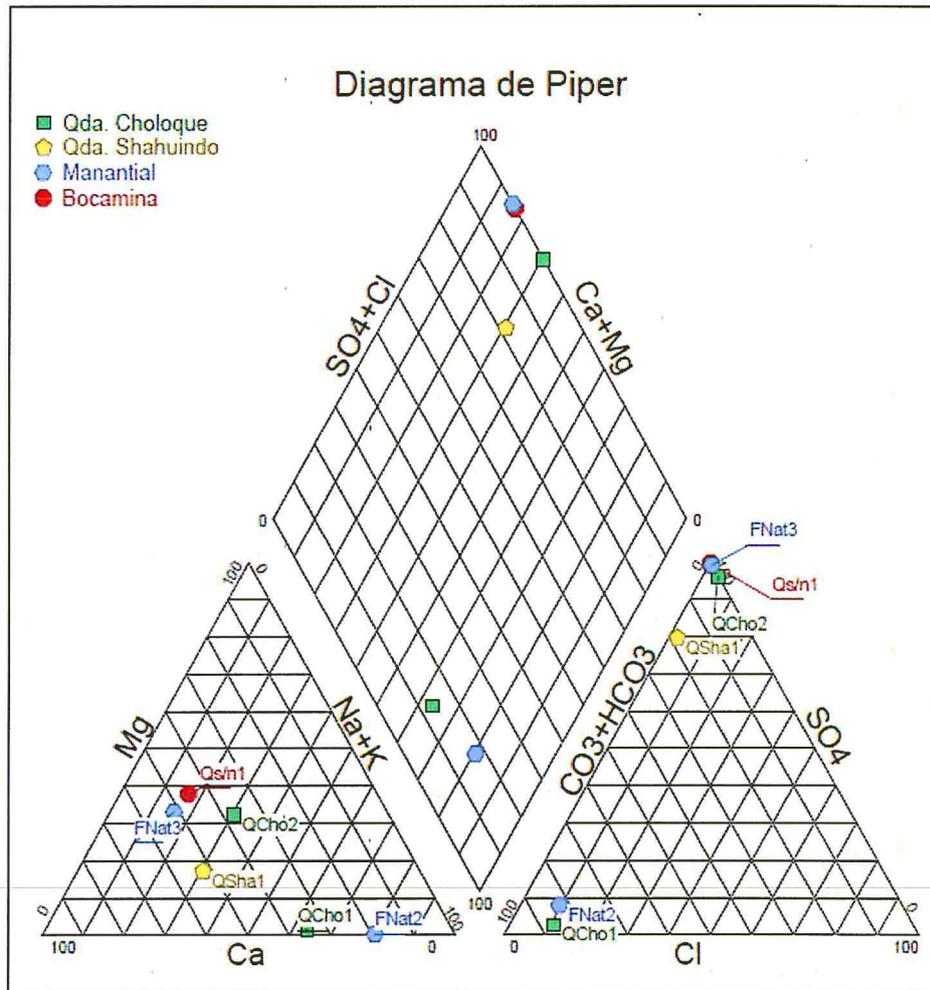


Figura 7-51. Diagrama de Piper de la microcuenca Shahuindo en mayo-2017

En marzo-2018, el diagrama de Piper (Figura 7-52) muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Sin Nombre (Qs/n2), bocamina (Qs/n1), quebrada Shahuindo (QSha1), Manantial FNat3 y Filtración1, tramo de la quebrada Chupaya que abarca desde la bocamina hasta el punto QChu2 encontraron clasificadas como aguas del tipo sulfatadas cálcicas.

El punto QCho2 se clasifica como sulfatada cálcica – sódica, la quebrada La Vieja (QLVie1), como sulfatada sódica-cálcica, el punto QCho2A Sulfatada cálcica – magnésica, QChu1 Sulfatada, bicarbonatada sódica; QChu1b y FNat2 bicarbonatada cálcica.

Los puntos QCho1 y QCho1A ubicados en la quebrada Choloque se encuentran clasificadas como bicarbonatada cálcica – sódica y el manantial FNat6, sus aguas se clasifican como bicarbonatada sódica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

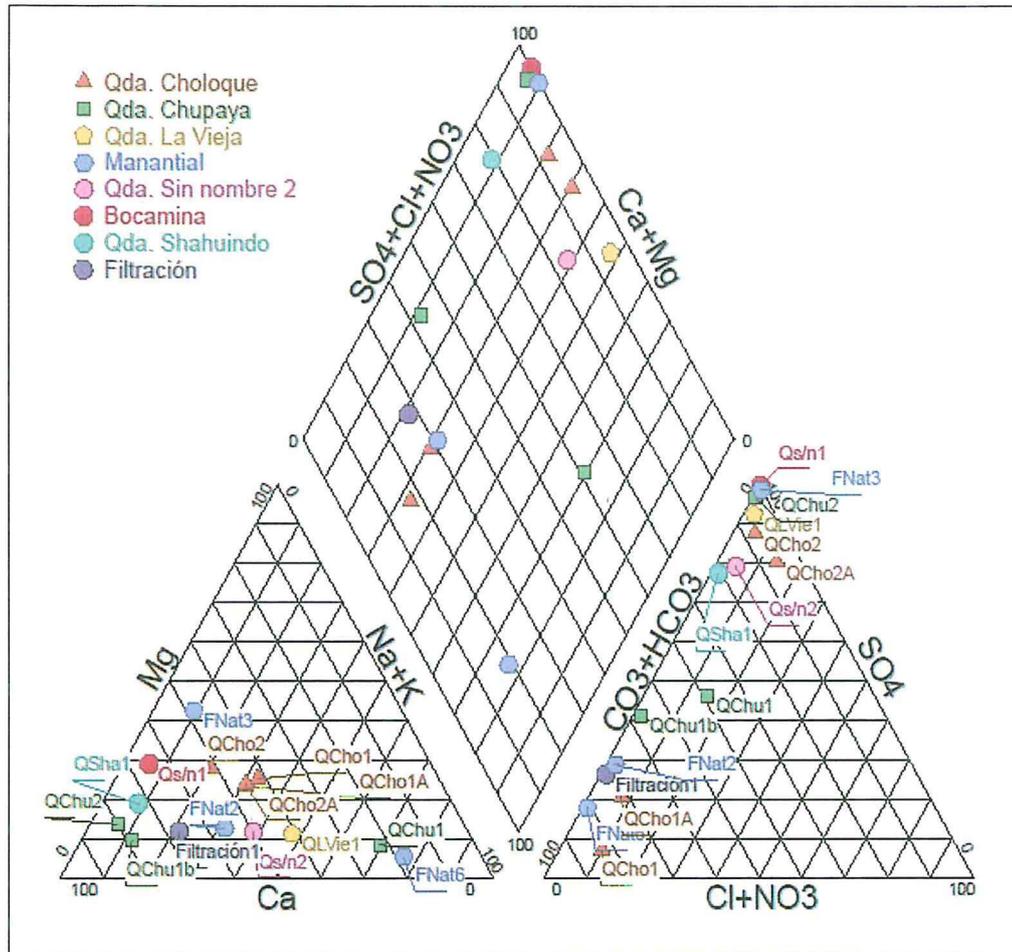


Figura 7-52. Diagrama de Piper de la microcuenca Shahuindo en marzo-2018

b) Diagramas Stiff

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona I, en mayo-2017. Estos diagramas permiten evaluar la distribución espacial de las diferentes composiciones de acuerdo con los cationes y aniones mayores.

Según los resultados mostrados en la Figura 7-53, en los cuerpos de agua evaluados, se evidenciaron rangos de mineralización en base a los iones, bicarbonatos (HCO_3), Calcio (Ca^{2+}) y sulfatos (SO_4).

El punto Qs/n1, con una clara predominación del ion sulfatos sobre el resto de los iones mencionados (20-25 Meq/L).

Los puntos QCho1, FNat2; y los puntos QCho2 y QSha1 presentaron ligeras tendencias bicarbonatadas y sulfatas respectivamente (0-5 Meq/L); mientras que el punto FNat3 presentó un leve incremento del ión SO_4^- (5-10 Meq/L).

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

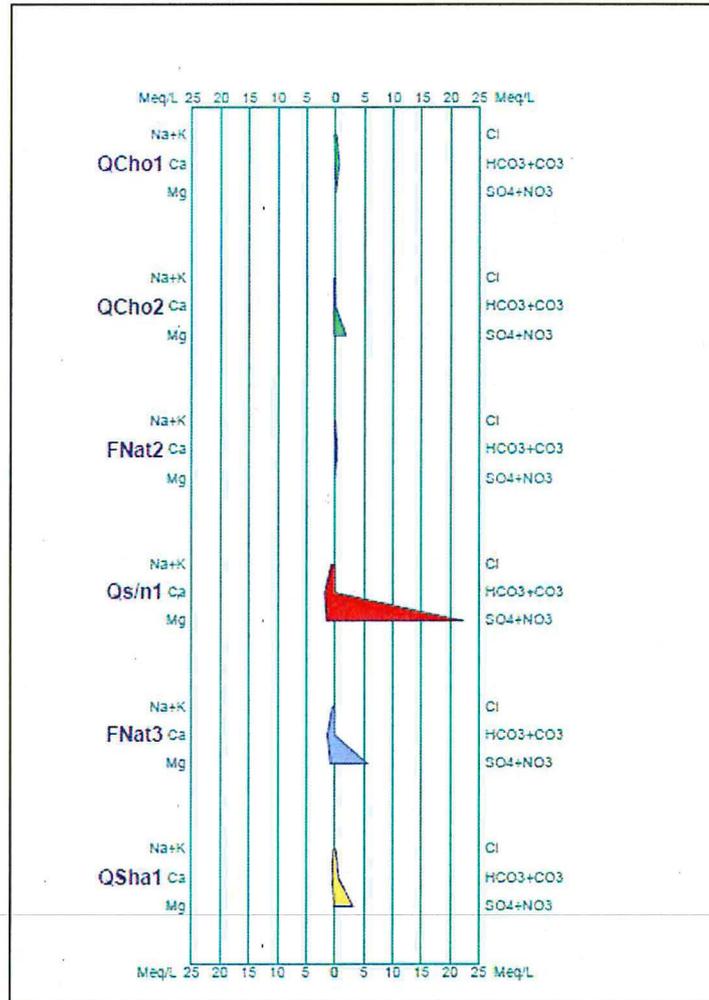


Figura 7-53. Diagrama de Stiff de la microcuenca Shahuindo en mayo-2017

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona I, en marzo-2018.

Según los resultados mostrados en la Figura 7-54, en los cuerpos de agua evaluados, se evidenciaron rangos de mineralización en base a los iones, bicarbonatos (HCO₃), Calcio (Ca²⁺) y sulfatos (SO₄).

El punto Qs/n1, con una clara predominación del ion sulfatos sobre el resto de iones mencionados (10-25Meq/L).

Los puntos QChu1b, QChu2, FNat3 y QSha1 presentaron tendencias bicarbonatadas y sulfatadas superiores a los puntos QCho1, Qcho1A, QCho2A, QCho2 en la quebrada Choloque, Qs/n2, quebrada La Vieja (QLVie1), y QChu1 en la quebrada Chupaya (0 – 5Meq/L).



Handwritten signatures and initials in blue ink.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

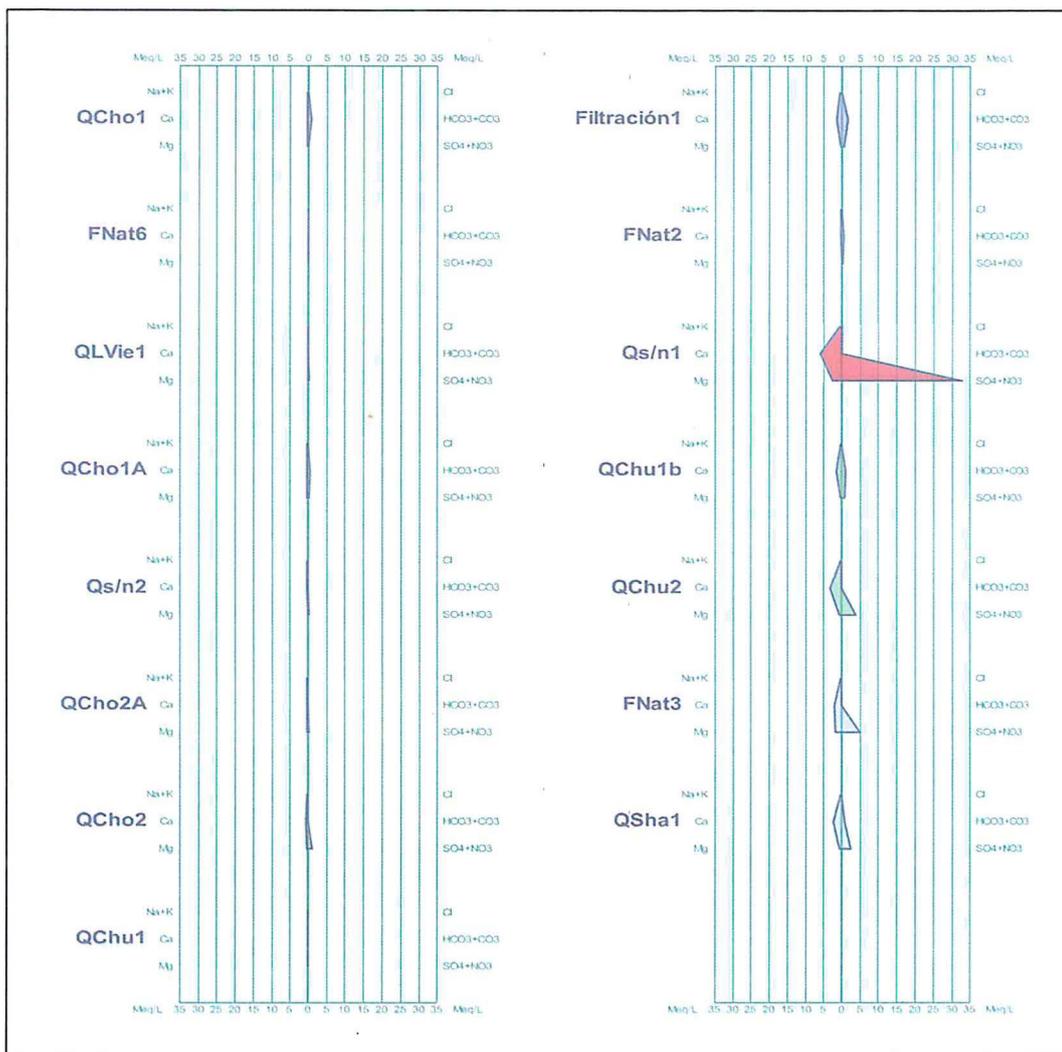


Figura 7-54. Diagrama de Stiff de la microcuenca Shahuindo en marzo-2018

7.3.2.2 Zona II: microcuenca Crisbamba

a) Diagramas de Piper

En mayo-2017, el diagrama Piper (Figura 7-55) muestra el tramo evaluado de la quebrada Araqueda que aguas arriba y aguas abajo del centro poblado Araqueda (QARA1 y QARA2) se encontró clasificadas en la facie sulfatada cálcica.

Respecto al tramo evaluado de la quebrada La Colpa, el punto QCol1 (aguas arriba del sector La Colpa) presento la facie bicarbonatada cálcica; mientras que el punto QCol2 (aguas abajo del sector La Colpa) se encontró clasificadas como bicarbonatada sódica.

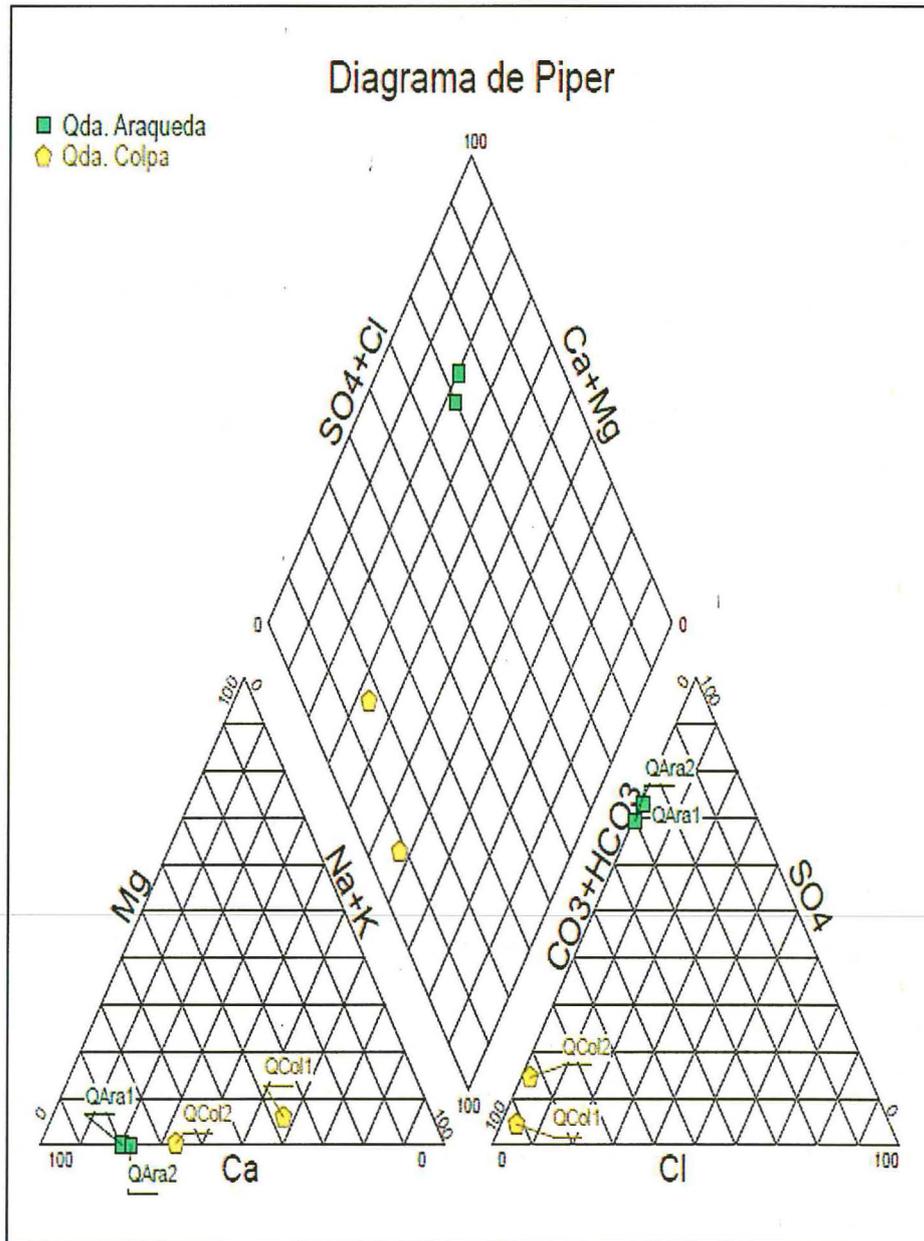


Figura 7-55. Diagrama de Piper de la microcuenca Crisbamba en mayo-2017

En marzo-2018, el diagrama de Piper (Figura 7-56), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Araqueda (QAr1 y QAr2) se encuentran clasificadas como sulfatadas cálcicas, mientras que en la quebrada Colpa (QCo1 y QCo2) sus aguas se clasifican como bicarbonatada cálcica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

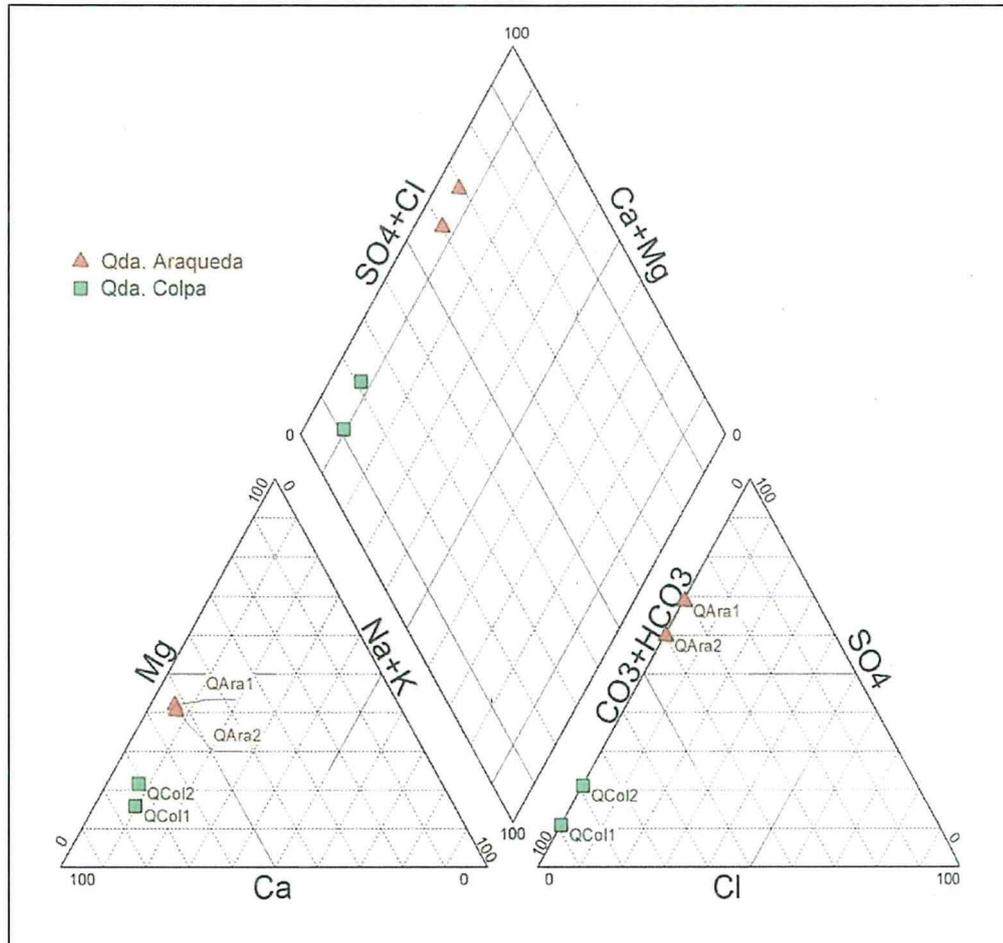


Figura 7-56. Diagrama de Piper de la microcuenca Crisbamba en marzo-2018

b) Diagramas Stiff

En mayo-2017, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona II. Los resultados se muestran en la Figura 7-57.

Los puntos QAra1 y QAra2 en la quebrada Araqueda presentaron características sulfatadas (5-6Meq/L) y en la quebrada Colpa (QCol1 y QCol2) sus aguas presentaron tendencias bicarbonatadas (0-1Meq/L).

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

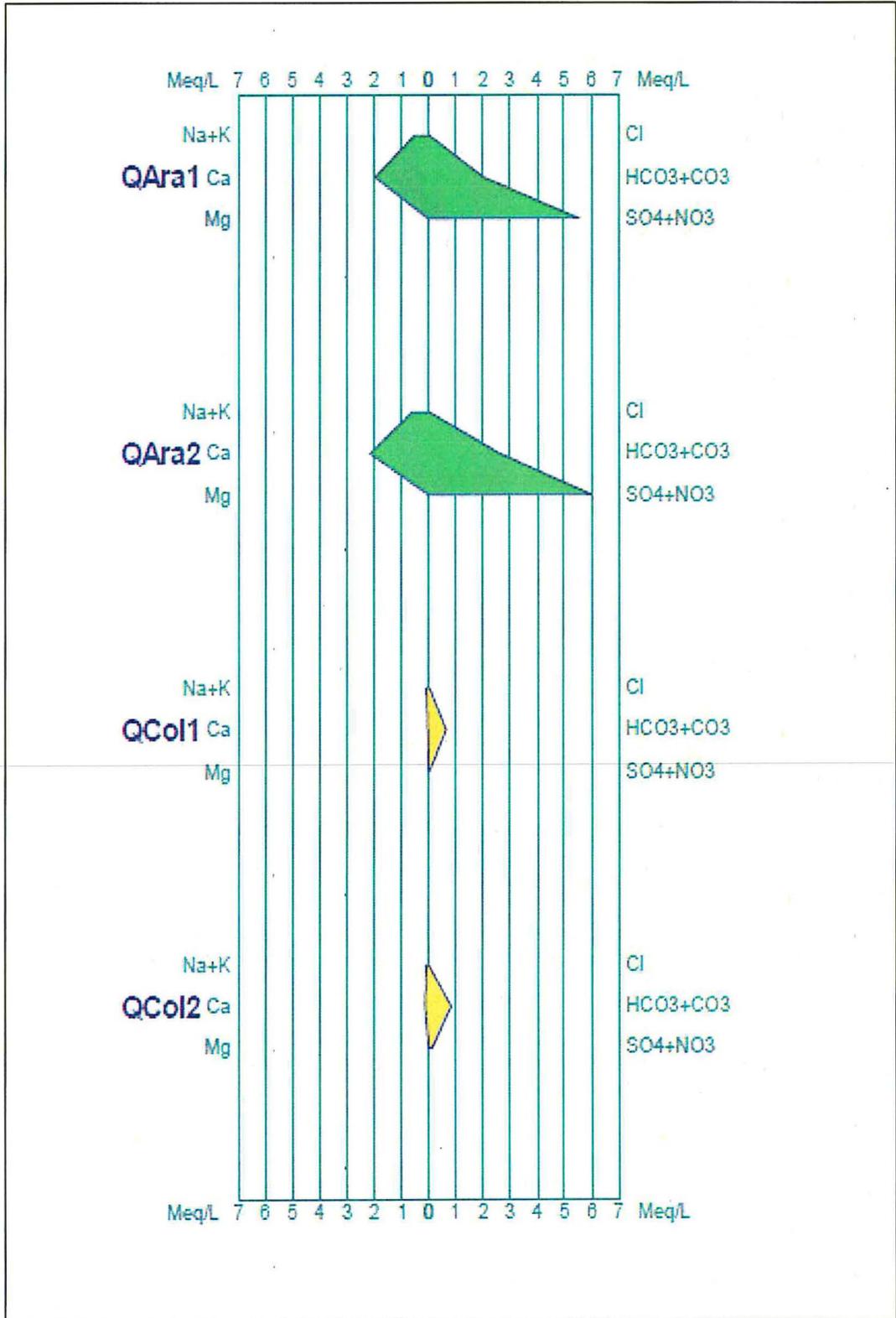


Figura 7-57. Diagrama de Stiff de la microcuenca Crisbamba en marzo-2018

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona II. Los resultados se muestran en la Figura 7-58.

Los puntos QAra1 y QAra2 en la quebrada Araqueda presentaron características sulfatadas cálcicas y en la quebrada Colpa (QCol1 y QCol2) sus aguas presentaron tendencias a bicarbonatada cálcica.

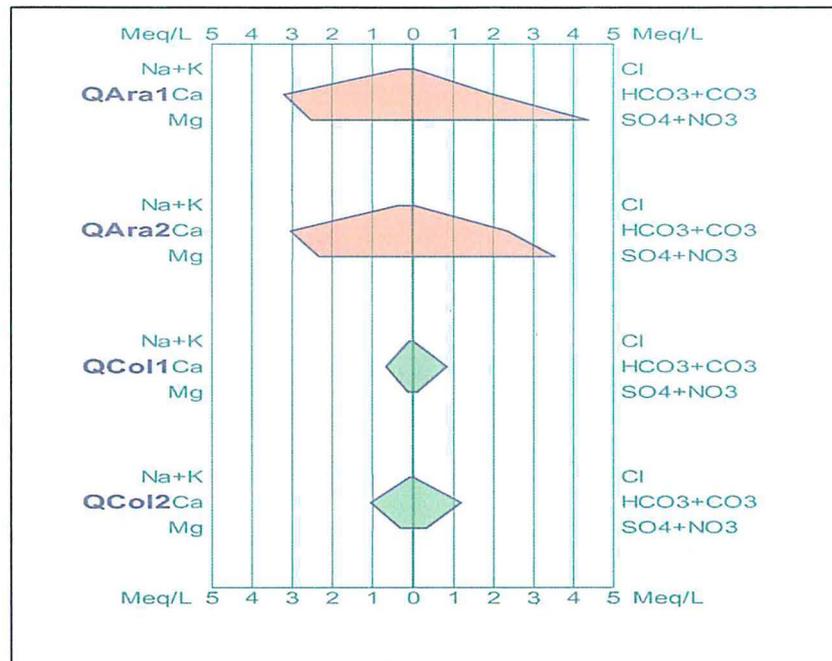


Figura 7-58. Diagrama de Stiff de la microcuenca Crisbamba en marzo-2018

7.3.2.3 Zona III: subcuenca Condebamba

a) Diagramas de Piper

En mayo-2017, el diagrama de Piper (Figura 7-59), muestra que las aguas evaluadas en el río Urupuyo y la quebrada Lanla (Ruru1 y QLan1) se encuentran clasificadas como aguas del tipo bicarbonatadas cálcica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

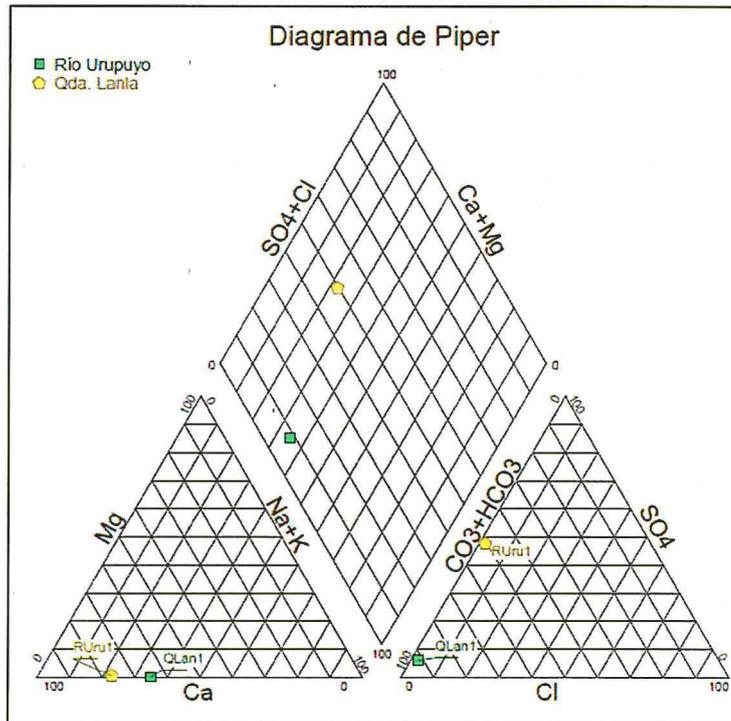


Figura 7-59. Diagrama de Piper de la subcuenca Condebamba en mayo-2017

En marzo-2018, el diagrama de Piper (Figura 7-60), muestra que las aguas evaluadas en el río Condebamba en los puntos RCon2 y RCon3 se encuentran clasificadas como aguas del tipo bicarbonatadas cálcica, mientras que el punto RCon1 sus aguas se clasifican como sulfatadas cálcicas.

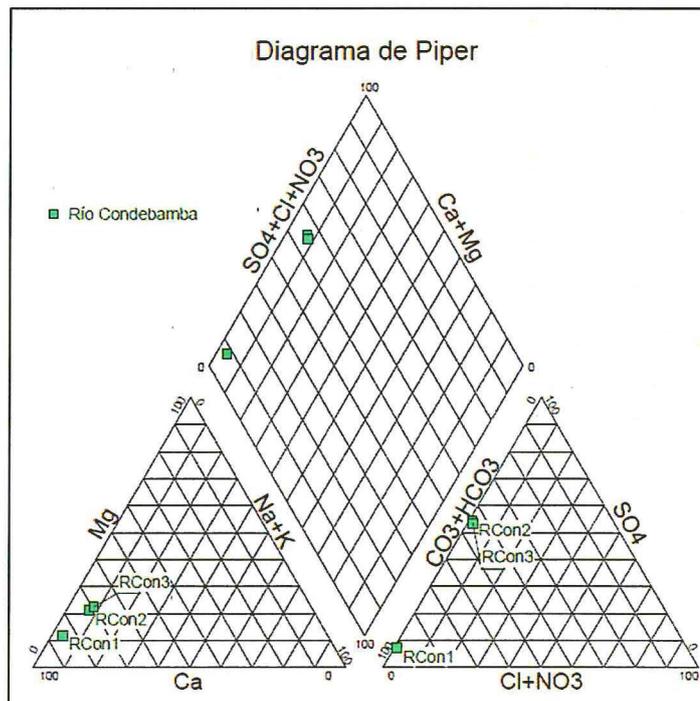


Figura 7-60. Diagrama de Piper de la subcuenca Condebamba en marzo-2018

b) Diagramas Stiff

En mayo-2017, se presenta el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona III. Los resultados se muestran en la Figura 7-61, donde se observa que los puntos RUru1 y QLan1 presentaron tendencias sulfatadas que van en un rango de 2-3Meq/L y 0-1Meq/L respectivamente.

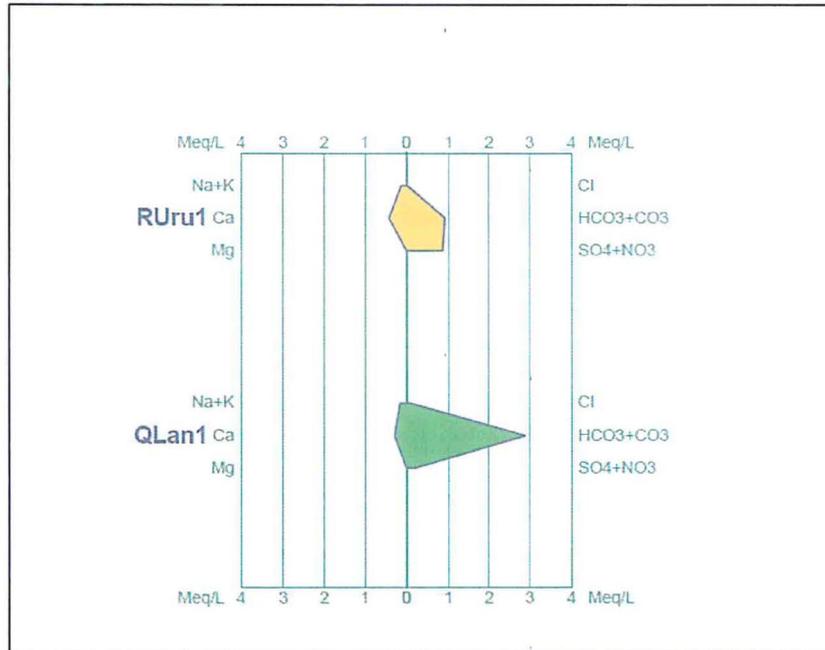


Figura 7-61. Diagrama de Stiff subcuenca Condebamba en mayo-2017

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff en marzo-2018 de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona III. Los resultados se muestran en la Figura 7-62, donde se observa que los puntos RCon2 y RCon3 presentaron tendencias sulfatadas cálcicas y el punto RCon1 bicarbonatada cálcica.

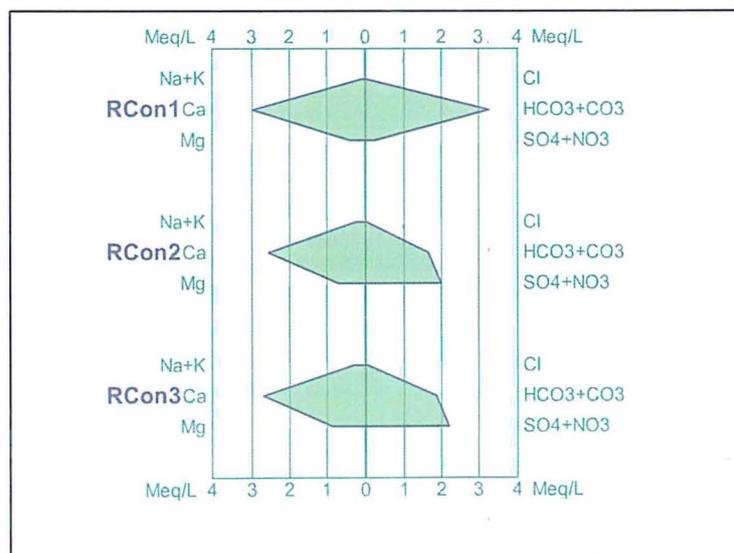


Figura 7-62. Diagrama de Stiff de la subcuenca Condebamba en marzo-2018

7.3.2.4 Zona IV: microcuenca Cañaris.

a) Diagramas de Piper

En mayo-2017, el diagrama de Piper (Figura 7-63), muestra que las aguas evaluadas del río Cañaris (RCañ1 y RCañ2) se clasificaron como bicarbonatadas cálcicas.

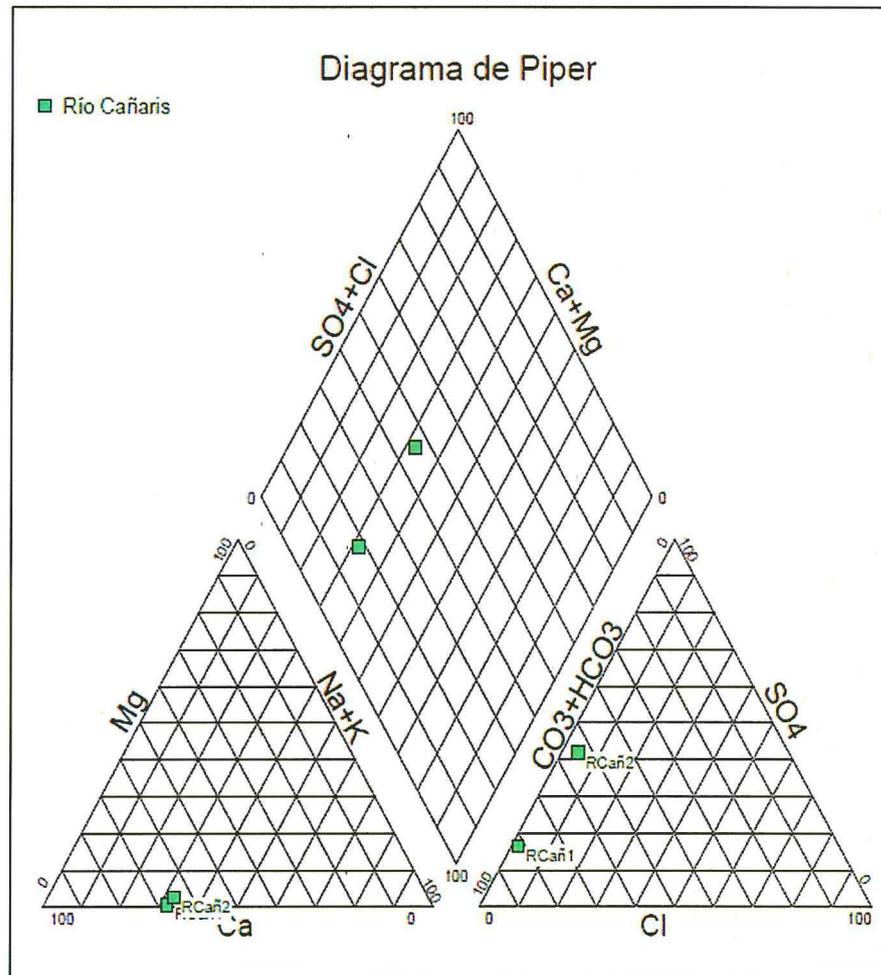


Figura 7-63. Diagrama de Piper de la microcuenca Cañaris en mayo-2017

En marzo-2018, el diagrama de Piper (Figura 7-64), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Caipuro (QCai1) quebrada Tranca El Agua (QTEAg1) y el río Cañaris en el punto RCañ2, cuyas aguas se clasificaron como sulfatadas cálcicas, mientras que los puntos RCañ1 y FNat23 se clasificaron como bicarbonatada cálcica. Las aguas en el punto EF-Alg1 (bocamina «Nivel 5») se clasifican como hipersulfatada cálcica

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

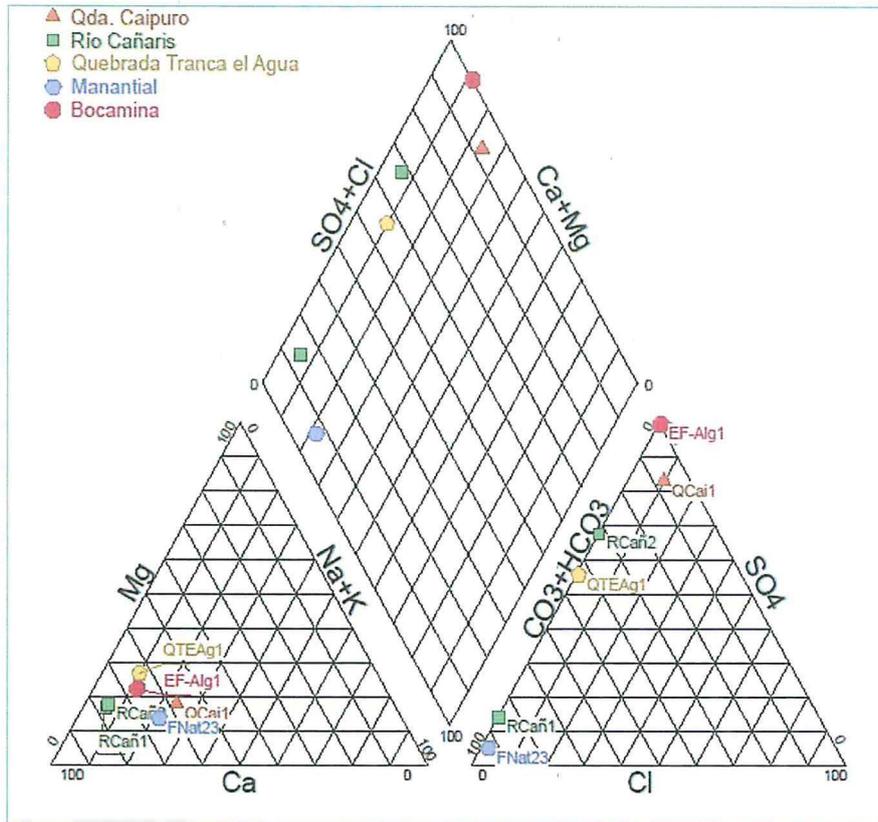


Figura 7-64. Diagrama de Piper de la microcuenca Cañaris en marzo-2018



Handwritten blue ink signatures and initials.

Handwritten blue ink signatures and initials.

b) Diagramas Stiff

En mayo-2017, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona IV. Los resultados se muestran en la Figura 7-65.

El tramo evaluado del río Cañaris presentó una predominación del ion bicarbonato sobre el resto de iones mencionados (0-0,8Meq/L), con una ligera disminución y un ligero incremento del ión sulfato mientras el flujo de agua recorre la zona de actividad minera del centro poblado Algamarca

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

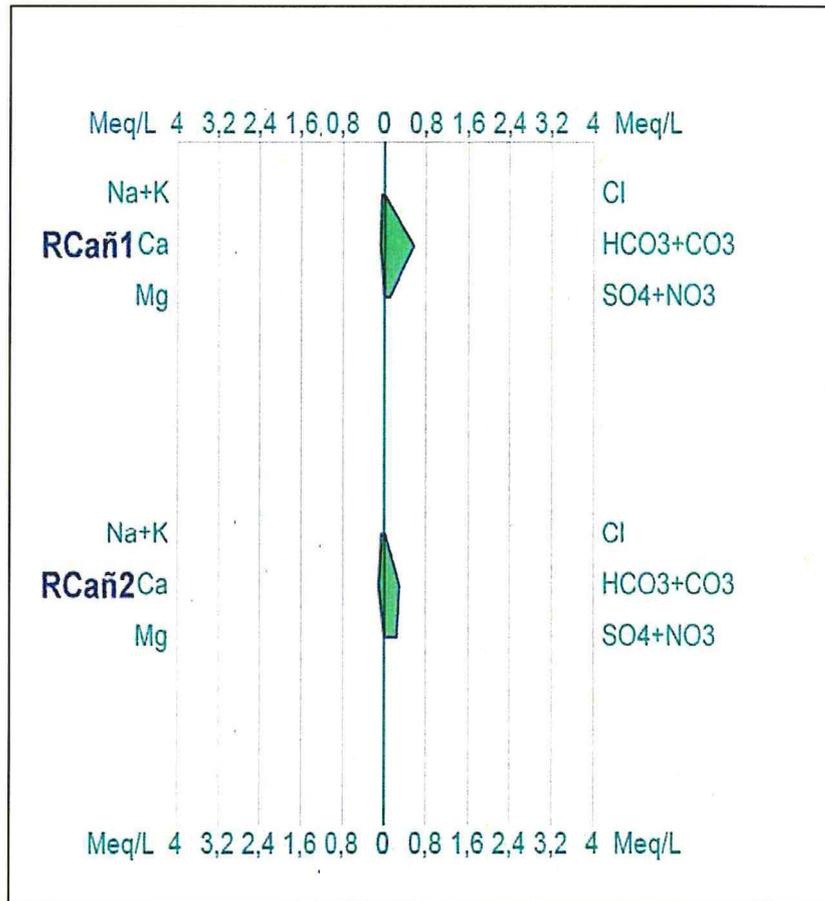


Figura 7-65. Diagrama de Stiff de la microfrecuencia Cañaris en mayo-2017

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff en marzo-2018 de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona IV. Los resultados se muestran en la Figura 7-66.

El punto EF-Alg1 presentó una clara predominación del ion sulfatos sobre el resto de los iones mencionados (50Meq/L). Asimismo, el punto FNat23 bicarbonatada cálcica y los demás puntos ligeramente sulfatadas.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

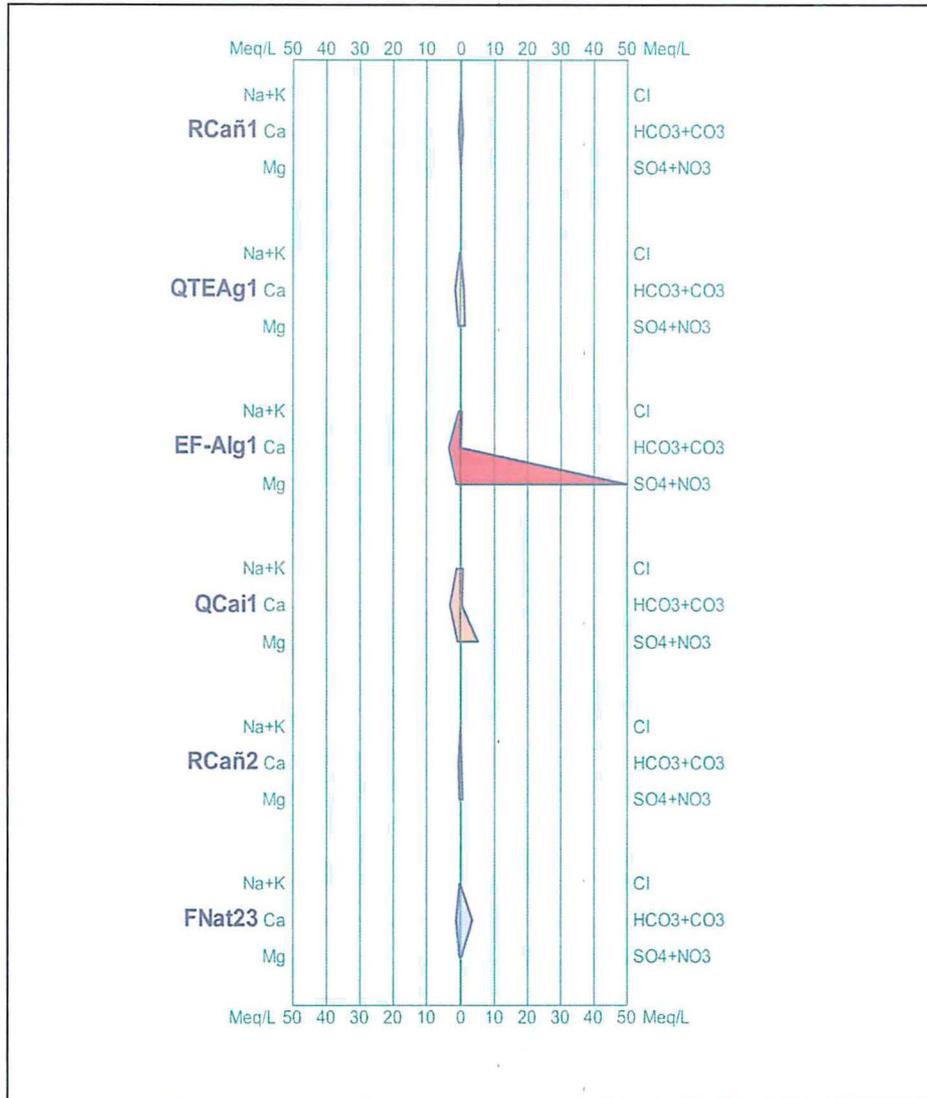


Figura 7-66. Diagrama de Stiff de la microcuenca Cañaris en marzo-2018

7.3.2.5 Zona V: microcuenca El Pacae

a) Diagramas de Piper

El diagrama de Piper en mayo-2017 (Figura 7-67), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Los Merinos (QLMer1) y quebrada El Pacae (QEPac1) se encuentran clasificadas de tipo sulfatada, por otro lado, las aguas de las quebrada Higuerón (QHig1) se clasifican como bicarbonatadas sódica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

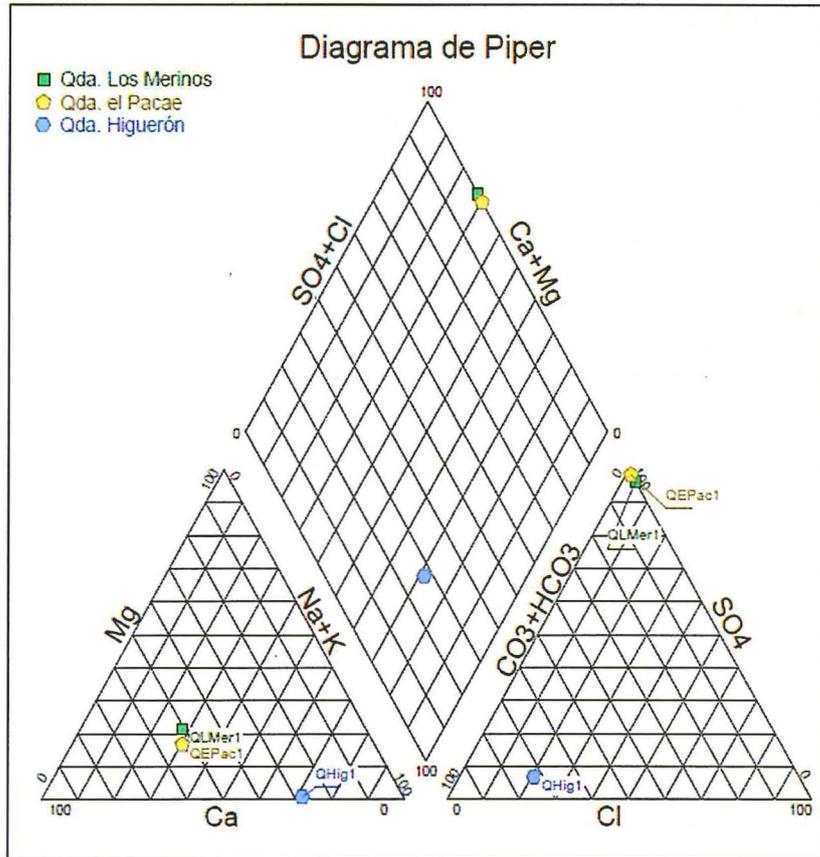


Figura 7-67. Diagrama de Piper de la microcuenca Cañaris en mayo-2017

El diagrama de Piper en marzo-2018 (Figura 7-68), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Los Merinos (QLMer1, QLMer2) y quebrada El Pacae (QEPac1) se encuentran clasificadas de tipo Hipersulfatada magnésica – cálcica, los puntos QLMer1A y QRMach1 (quebrada Ratón Macho) sus aguas se clasifican como Hipersulfatada cálcica – magnésica y las aguas de escorrentía del manantial «laguna Tapada» (LTap1) así como el punto QLMer1B de tipo Hipersulfatada magnésica.

Las aguas del manantial FNat14 son de tipo Hipersulfatada sódica, por otro lado, las aguas de las quebradas Contrahierba (QCHie1) e Higuieron (QHig1) se clasifican como bicarbonatadas cálcica.

La quebrada Sauce (QSau1) presentó aguas clasificadas de tipo Bicarbonatada cálcica – magnésica, mientras que el manantial FNat8 de tipo Bicarbonatada, sulfatada sódica – magnésica.



J

f

cy

st

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

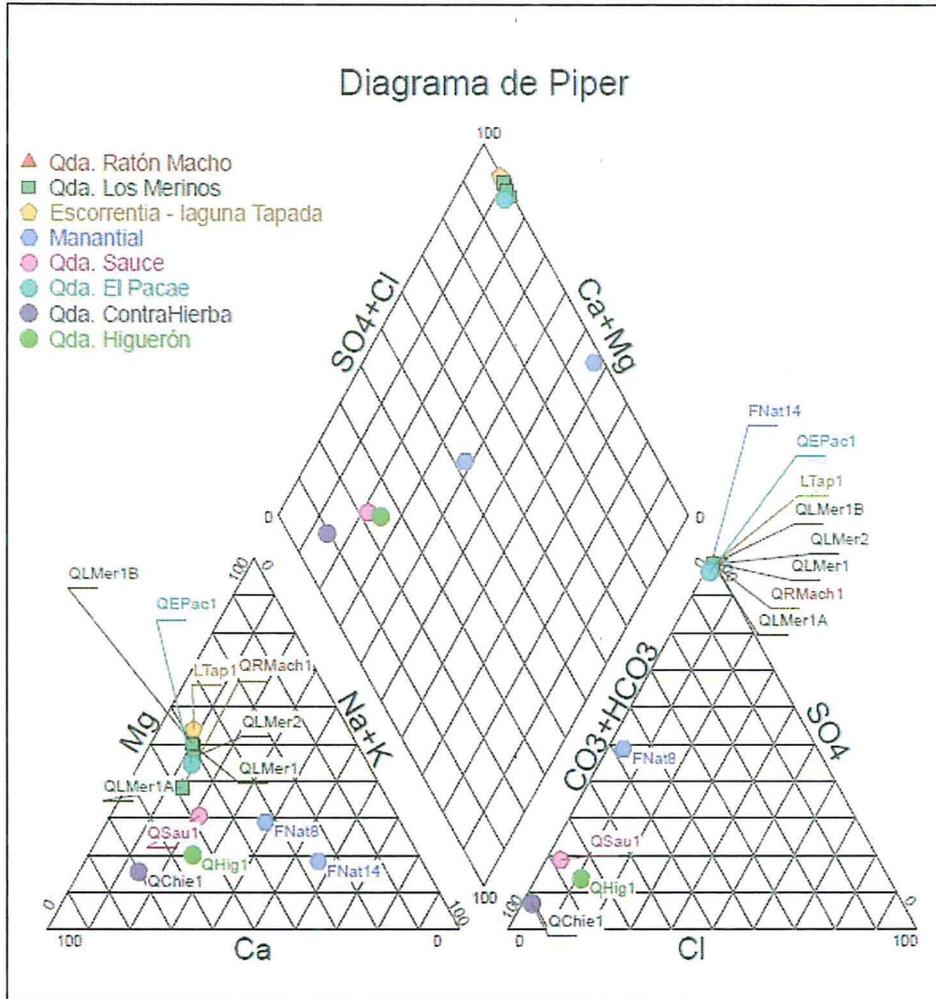


Figura 7-68. Diagrama de Piper de la microcuenca El Pacae en marzo-2018

b) Diagramas Stiff

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona V en mayo-2017. Los resultados se muestran en la Figura 7-69.

Los puntos QLMer1 y QEPac1, presentaron tendencias sulfatadas (3-4 Meq/L) y el punto QHig1 ligeramente bicarbonatada (1-2 Meq/L).

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

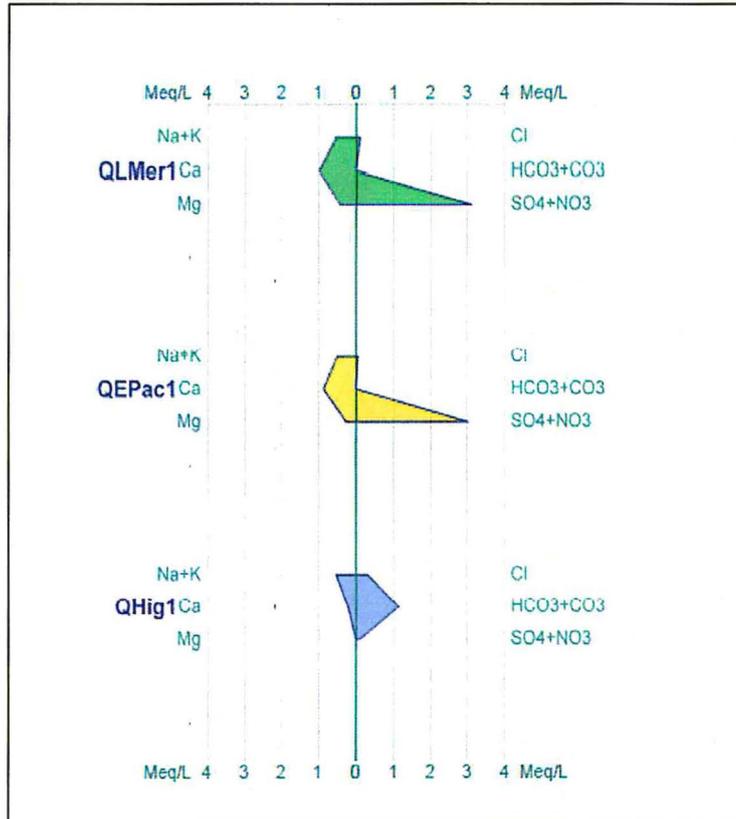


Figura 7-69. Diagrama de Stiff de la microcuenca El Pacae en mayo-2017

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona V, en marzo-2018. Los resultados se muestran en la Figura 7-70.

Los puntos RMach1, QLmer1A, LTap1, QLMer1, QLMer1B, QLMer2 y QLPac1, presentaron tendencias sulfatadas y los puntos QSau1, QCHie1 y QHig1 ligeramente bicarbonatada.



Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

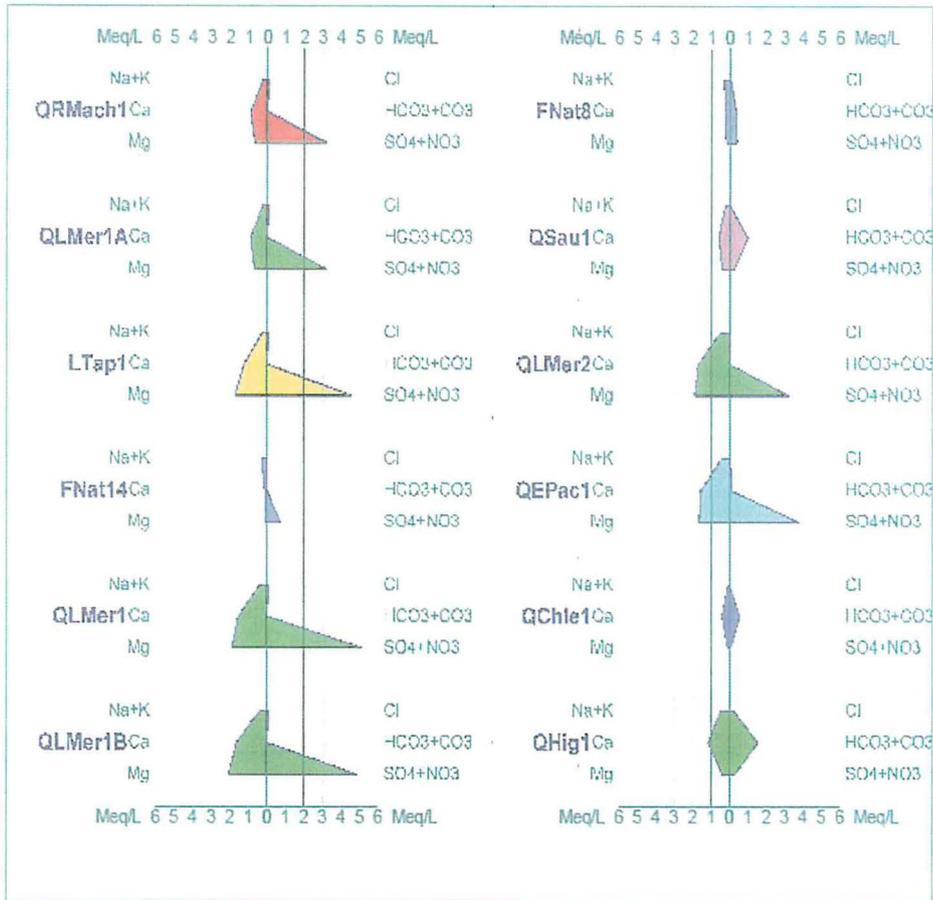


Figura 7-70. Diagrama de Stiff de la microcuencia El Pacae en marzo-2018

7.3.2.6 Zona VI: microcuencia Chiraque

a) Diagramas de Piper

En mayo-2017, el diagrama de Piper (Figura 7-71), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Moyán, en el punto QMoy1 se encuentra clasificadas de tipo Bicarbonatada sódica, mientras que en el punto QMoy2 sus aguas son de tipo Sulfatada cálcica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

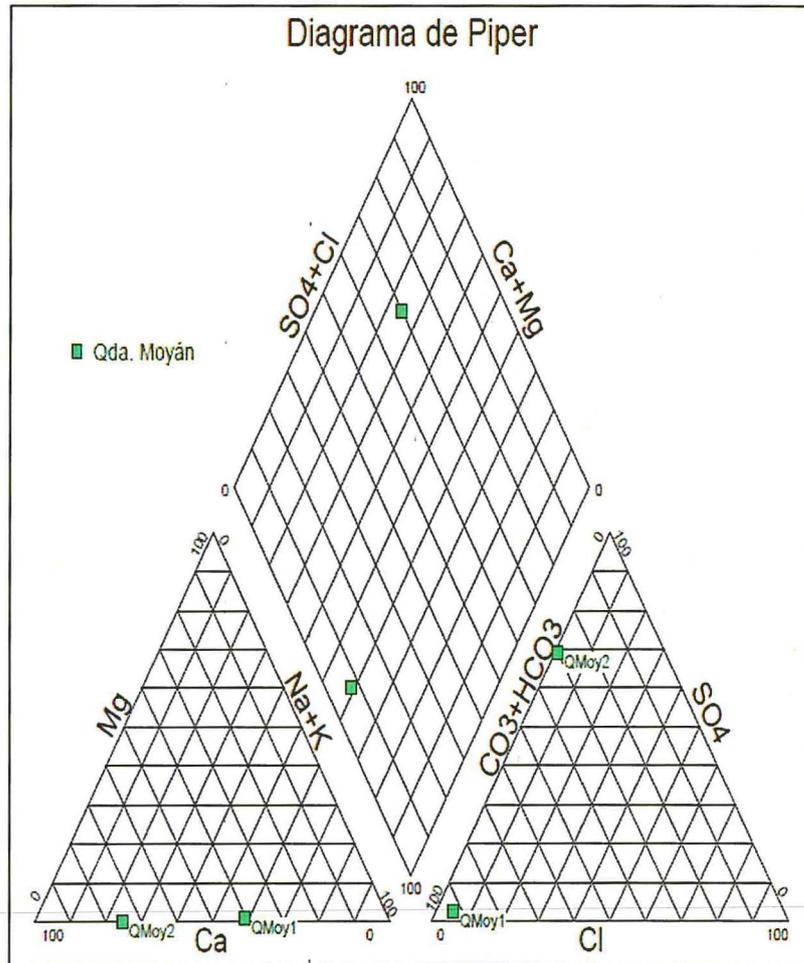


Figura 7-71. Diagrama de Piper de la microcuenca Chiraque en mayo-2017

En marzo-2018, el diagrama de Piper (Figura 7-72), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Moyán (QMoy1), y los manantiales FNat11, FNat11A y FNat11B se encuentran clasificadas de tipo Bicarbonatada cálcica, mientras que en el punto QMoy2 sus aguas son de tipo Sulfatada cálcica – magnésica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

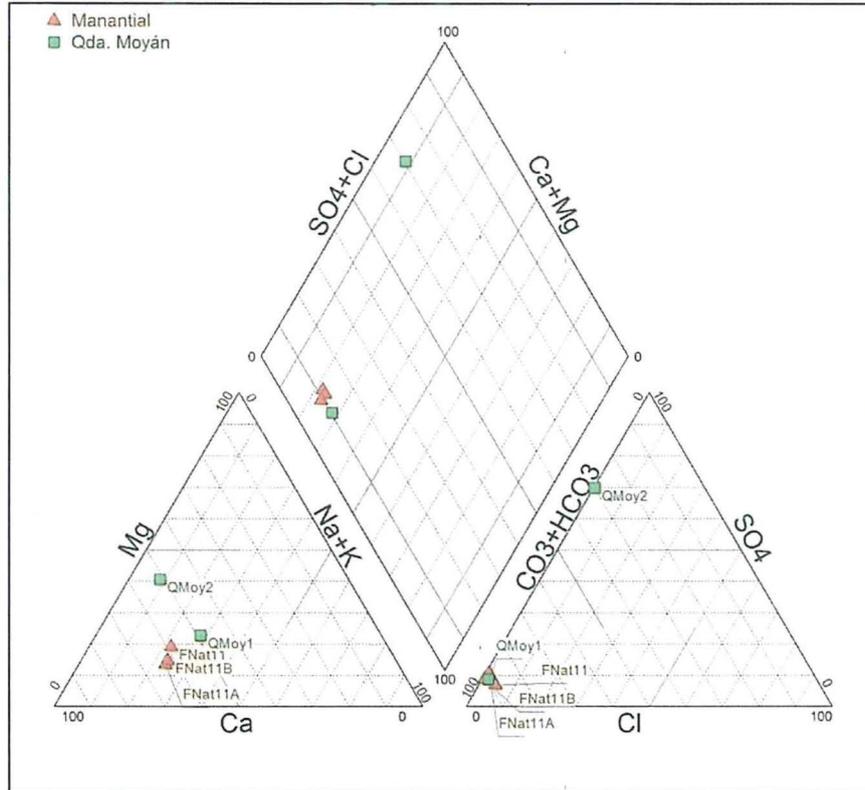


Figura 7-72. Diagrama de Piper de la microcuenca Chiraque en marzo-2018

b) Diagramas Stiff

A continuación, se presenta el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona VI, en mayo-2017. Los resultados se muestran en la Figura 7-73.

El punto QMoy2 predomina el ión bicarbonato (5-6 Meq/L) y calcio (2-3 Meq/L), mientras que en el punto QMoy2 predominan los iones sulfato y sodio (0-1 Meq/L).

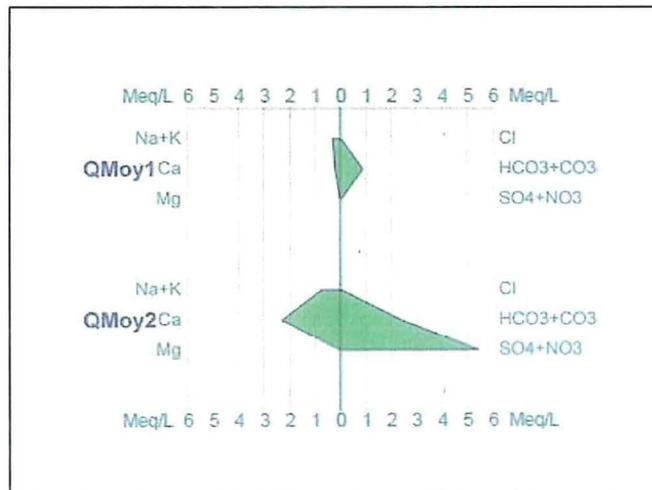


Figura 7-73. Diagrama de Stiff de la microcuenca Chiraque en mayo-2017

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona VI, en marzo-2018. Los resultados se muestran en la Figura 7-74.

Los puntos FNat11A y FNat11B predomina el ión bicarbonato y calcio, y en menor proporción en los puntos FNat11 y QMoy1, mientras que en el punto QMoy2 predominan los iones sulfato y calcio.

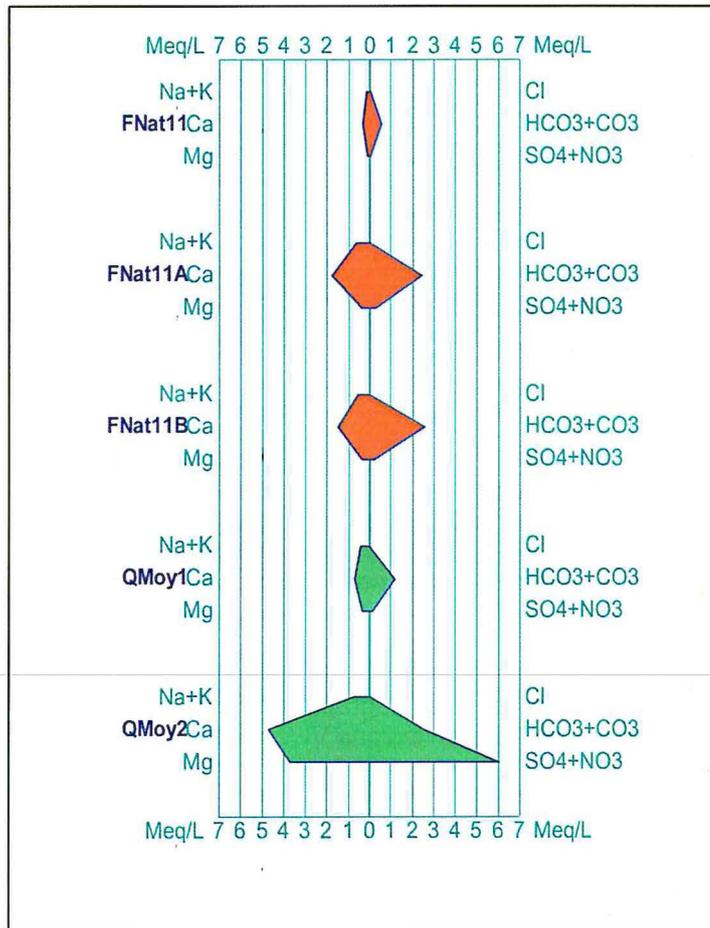


Figura 7-74. Diagrama de Stiff de la microcuenca Chiraque en marzo-2018



Handwritten blue ink marks: an upward arrow, a vertical line, and several illegible characters.

7.3.2.6 Zona VII: microcuenca Shingomate

a) Diagramas de Piper

En mayo-2017, el diagrama de Piper (Figura 7-75), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Shingomate (QShi1 y QShi2), se encuentran clasificadas de tipo sulfatada cálcica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

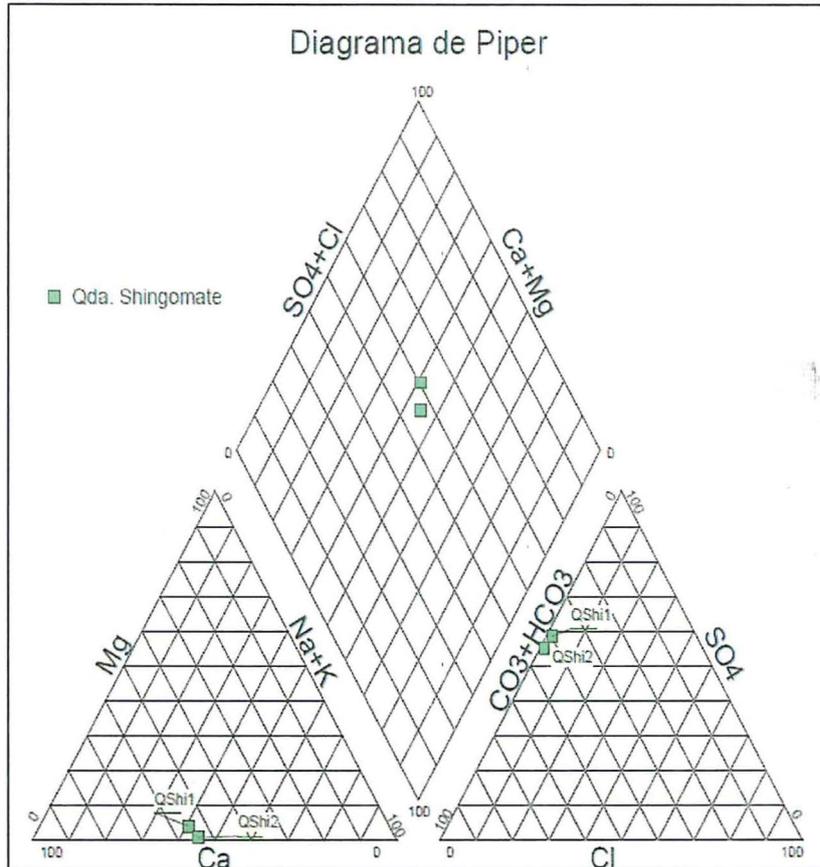


Figura 7-75. Diagrama de Stiff de la microcuenca Shingomate en mayo-2017

En marzo-2018, el diagrama de Piper (Figura 7-76), muestra que las aguas evaluadas de la quebrada Shingomate (QShi1a, QShi1b, QShi1c, QShi1 y QShi2), se encuentran clasificadas de tipo sulfatada cálcica, mientras que la quebrada La Chilca (QChil1) sus aguas son de tipo sulfatada cálcica – sódica.

En los manantiales FNat21, FNat20, FNat24 y FNat26, así como las quebradas La Fila (QLFil1), Cabrejos (QCab1) y El Grajo (QEGra1), sus aguas se encuentran clasificadas de tipo bicarbonatada cálcica y el manantial FNat21a, como sulfatada magnésica – cálcica.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

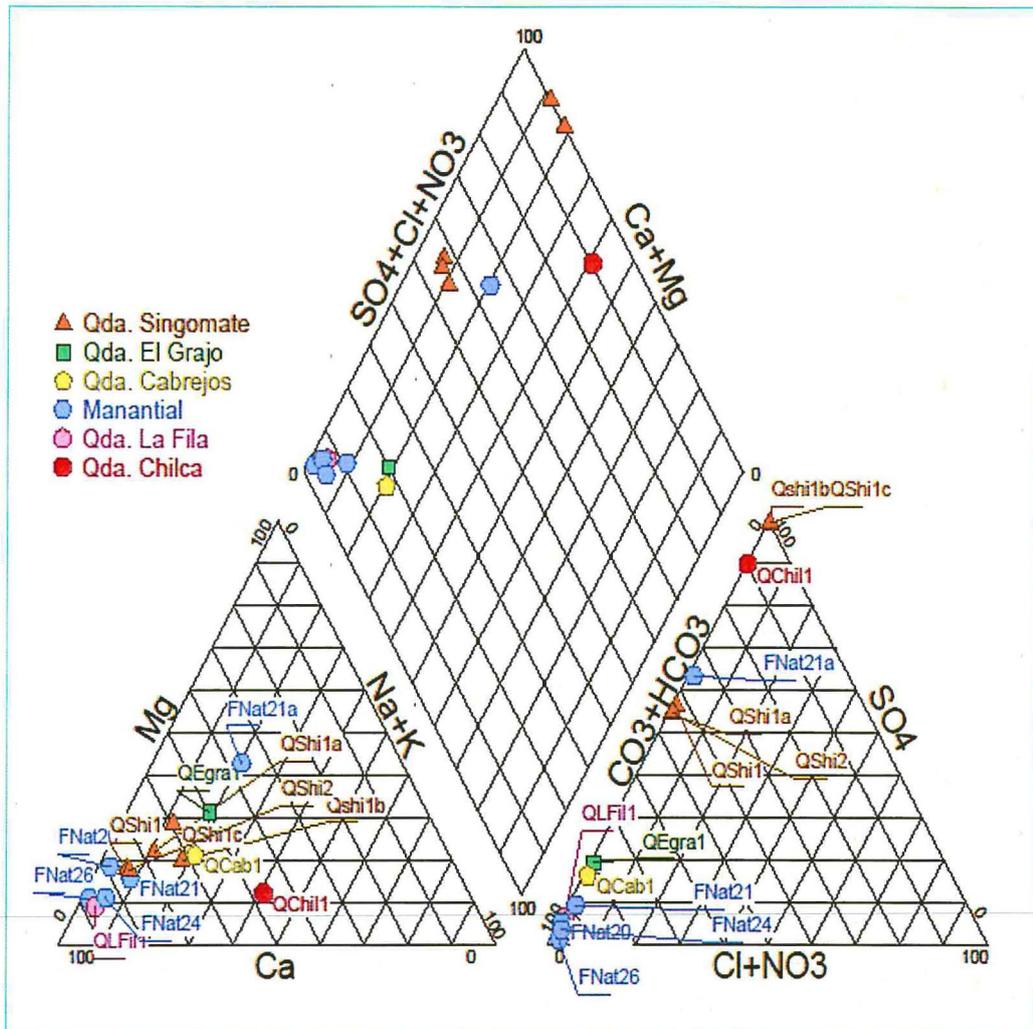


Figura 7-76. Diagrama de Piper de la microcuenca Shingomate en marzo-2018

b) Diagramas Stiff

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona VII, en mayo-2017. Los resultados se muestran en la Figura 7-77.

Se muestra claramente la predominancia del ión sulfato (2-3 Meq/L) y ligeramente el ión calcio (0-1 Meq/L), en los puntos QShi1 y QShi2.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

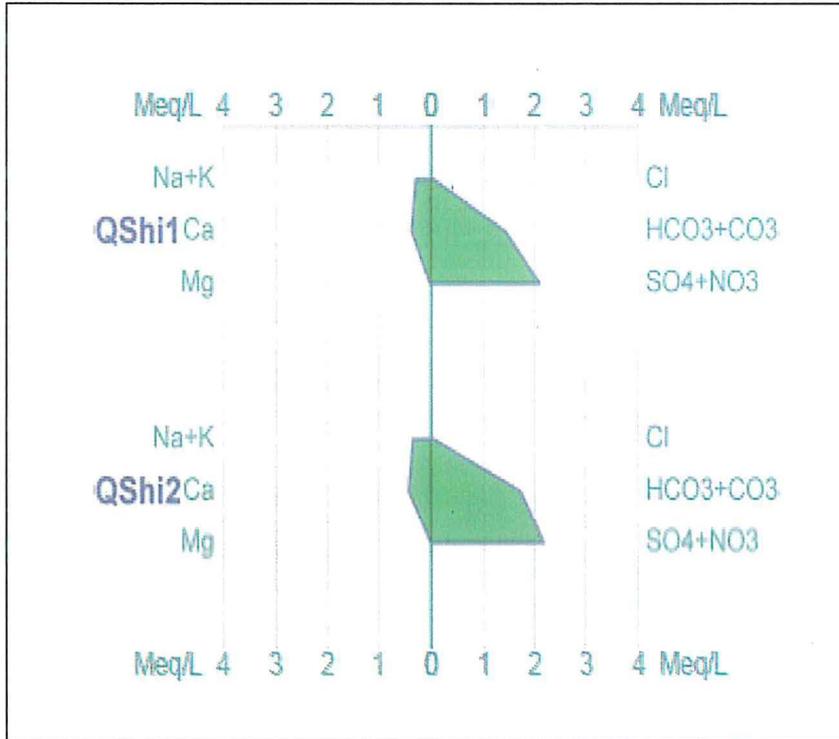


Figura 7-77. Diagrama de Stiff de la microcuenca Shingomate en mayo-2017

A continuación, se presentó el diagrama de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados en la zona VII, en marzo-2018. Los resultados se muestran en la Figura 7-78.

Se muestra claramente la predominancia del ión sulfato y ligeramente el ión calcio, en los puntos QShi1b y QShi1c y en menor proporción los puntos QShi1 y QShi2, por otro lado, los puntos FNat26, FNat20, FNat24 y FNat2 correspondiente a manantiales predominan ligeramente los iones bicarbonato y calcio.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including an arrow pointing up and the letters 'y' and 'SA'.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

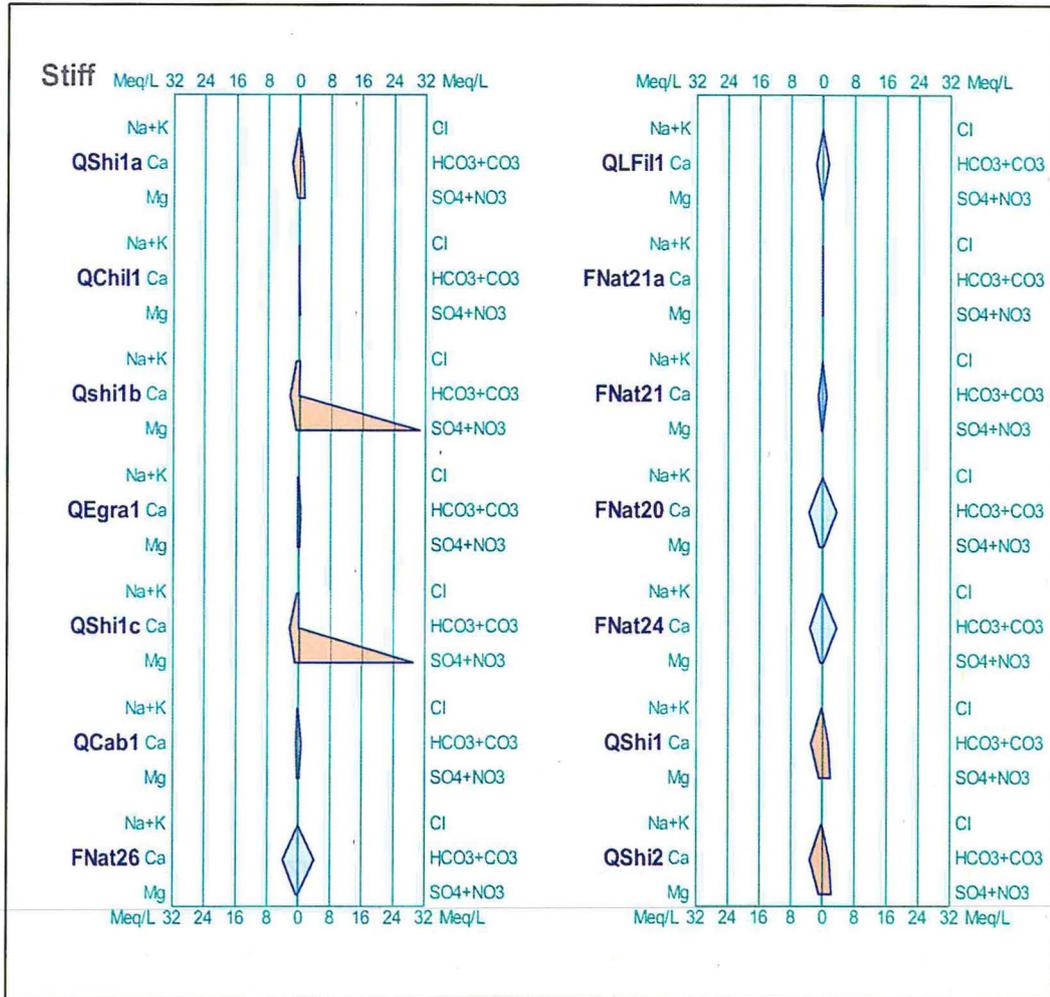


Figura 7-78. Diagrama de Stiff de la microcuenca Shingomate en marzo-2018

a. Análisis integrado - diagrama de Ficklin

Los resultados de metales totales en agua en mayo-2017 se clasificaron con el diagrama de Ficklin (Figura 7-79). De esta clasificación, se tiene que los puntos presentaron características cercanas a la neutralidad y bajas concentraciones de metales, a excepción de los puntos RChi2 de la subcuenca Condebamba, QChu2 de la microcuenca Shahuindo y RCañ2 de la microcuenca Cañarís, que presentaron condiciones neutras y concentraciones altas de metales.

En la Figura 7-79, se evidencian que los puntos Qs/n1 (bocamina abandonada) y el manantial FNat3 de la microcuenca Shahuindo, QCai1 de la microcuenca Cañarís y QLMer1 de la microcuenca El Pacae, resaltan de los demás por presentar características fuertes de acidez y altas concentraciones de metales.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

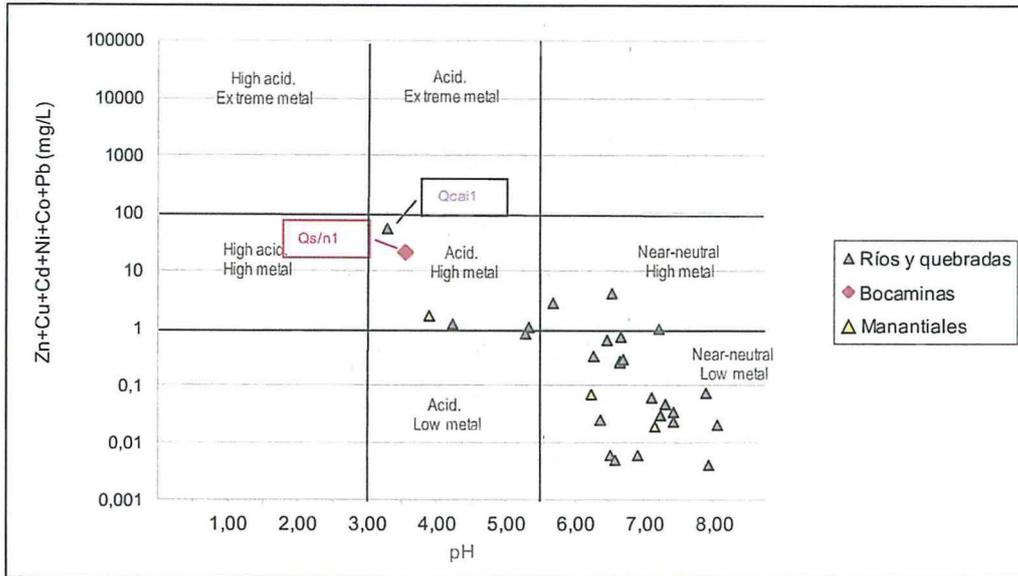


Figura 7-79. Diagrama de Flickin en mayo-2017

De la misma manera, en marzo-2018, se clasificaron los resultados de metales disueltos en agua con el diagrama de Ficklin (Figura 7-80). De esta clasificación, se tiene que los puntos presentaron características cercanas a la neutralidad y bajas concentraciones de metales, a excepción de los puntos QRMach1, QLMer1A, LTap1, QLMer1B, QLMer1, QLMer2, FNat14 de la microcuenca El Pacae; FNat6, FNat3, Qs/n2, PZ-1 de la microcuenca Shahuindo; y QShi1a de la microcuenca Shingomate, que presentaron condiciones de acidez y concentraciones bajas de metales.

Los puntos EF-Alg1 (bocamina nivel 5), QShi1b y QShi1c de la microcuenca Shingomate resaltan de los demás por presentar características fuertes de acidez y altas concentraciones de metales.

De la evaluación de aguas subterráneas, se tiene que el punto PZ-1 (microcuenca Shahuindo) presentó condiciones de acidez y concentraciones bajas de metales; mientras que el punto PZ-7 (microcuenca El Pacae) se encuentra cercano a la neutralidad y presenta bajas concentraciones de metales.

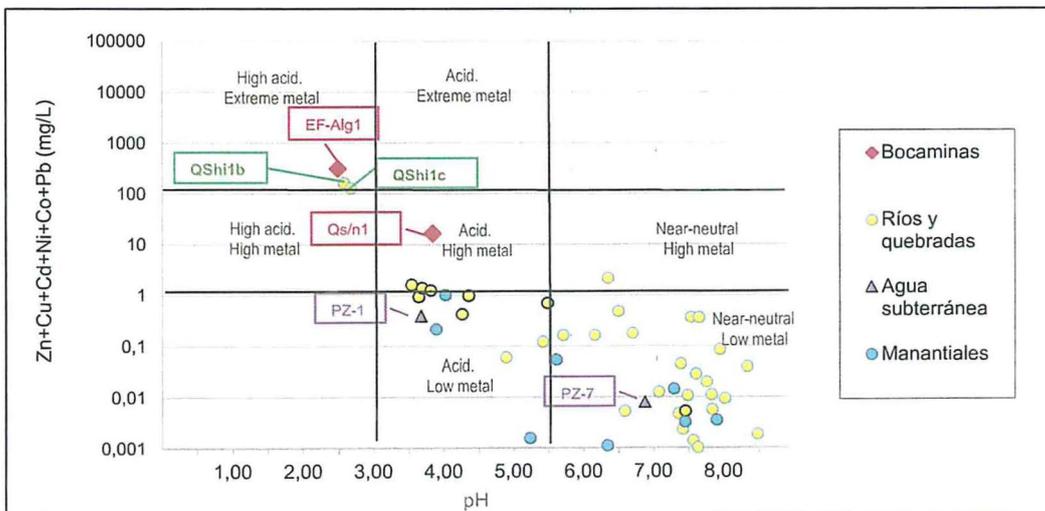


Figura 7-80. Diagrama de Flickin en marzo-2018



Handwritten signatures and initials in blue ink.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

b. Diagrama de Gibbs

De acuerdo con el diagrama de Gibbs (1970), la composición química de las aguas en la mayoría de las muestras en las 7 zonas (mayo-2017) está controlada por procesos de interacción con la roca, por lo que los procesos que controlan su química serían la disolución/precipitación de minerales y/o el intercambio iónico.

Se observa que algunos puntos de muestreo se ubican en el sector de evaporación del diagrama, estos puntos corresponden a la bocamina abandonada (Qs/n1), el manantial FNat3 y el punto QCho2, pertenecientes a la microcuenca Shahuindo; y los puntos QLmer1 y QSau1, pertenecientes a la microcuenca El Pacae, donde probablemente puedan ocurrir procesos de evaporación (ver Figuras 7-81 y 7-82).

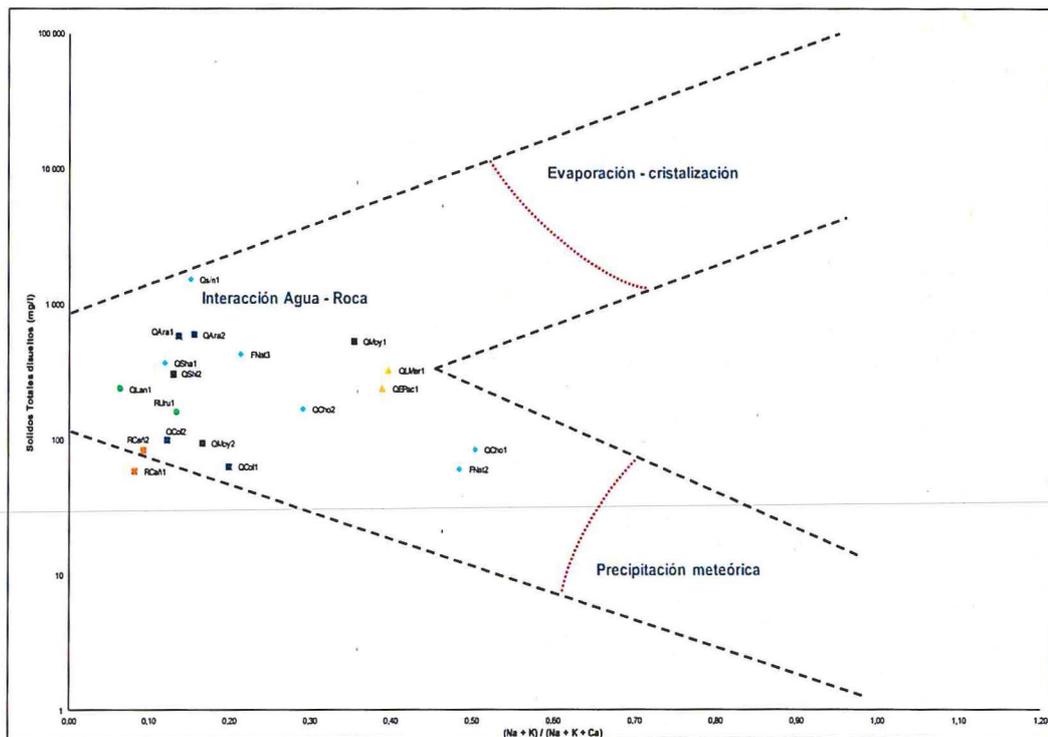


Figura 7-81. Modelo de Gibbs, según dependencia entre las STD y las relaciones iónicas $(Na^+ + K^+) / (Na^+ + K^+ + Ca^{2+})$ en mayo-2017

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

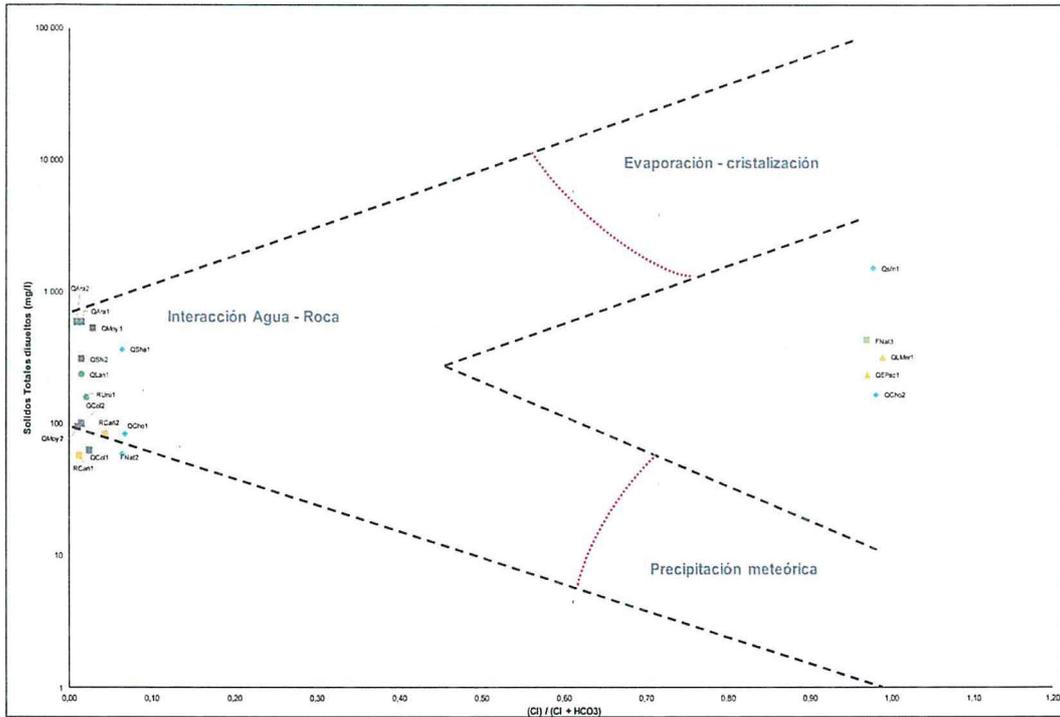


Figura 7-82. Modelo de Gibbs, según dependencia entre las STD y las relaciones iónicas $(Cl^-) / (Cl^- + HCO_3^-)$ en mayo-2017

De acuerdo con el diagrama de Gibbs (1970), la composición química de las aguas en la mayoría de las muestras en las 7 zonas (marzo-2018) estuvo controlada por procesos de interacción con la roca, por lo que los procesos que controlan su química serían la disolución/precipitación de minerales y/o el intercambio iónico.

En las Figuras 7-83 y 7-84 se observa que algunos puntos de muestreo se ubican en el sector de evaporación del diagrama, estos puntos corresponden a la bocamina abandonada (Qs/n1), efluente del sector Algamarca (EF-Alg1) y la parte alta de la microcuenca Shingomate (QSh1a y QSh1b), donde probablemente puedan ocurrir procesos de evaporación (ver Figuras 7-83 y 7-84).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Org. Dirección de FISC. Evaluación Ambiental FA

Dirección de Evaluación

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

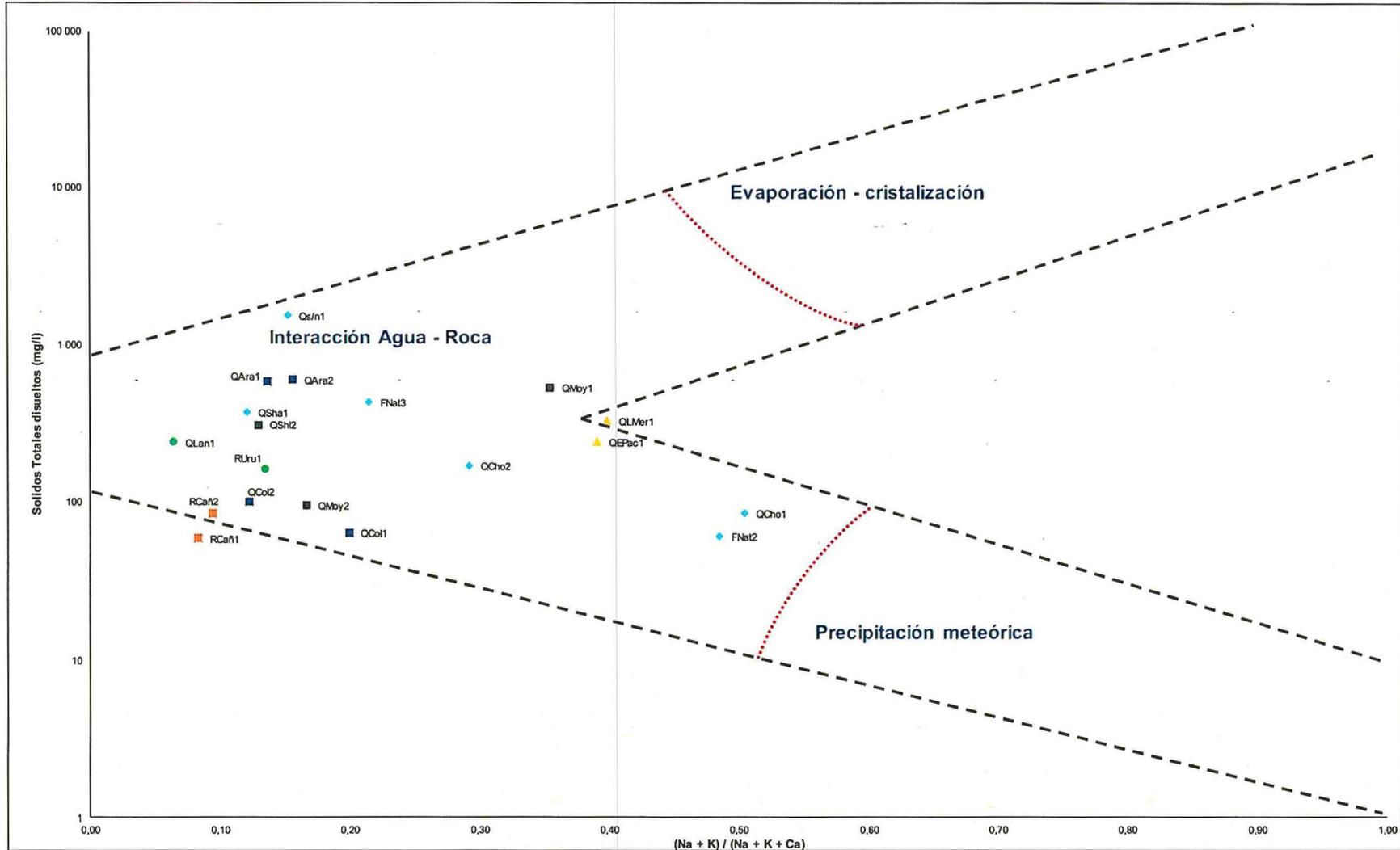


Figura 7-83. Modelo de Gibbs, según dependencia entre las STD y las relaciones iónicas $(Na^+ + K^+) / (Na^+ + K^+ + Ca^{2+})$ en marzo-2018



Handwritten signatures and initials in blue ink.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

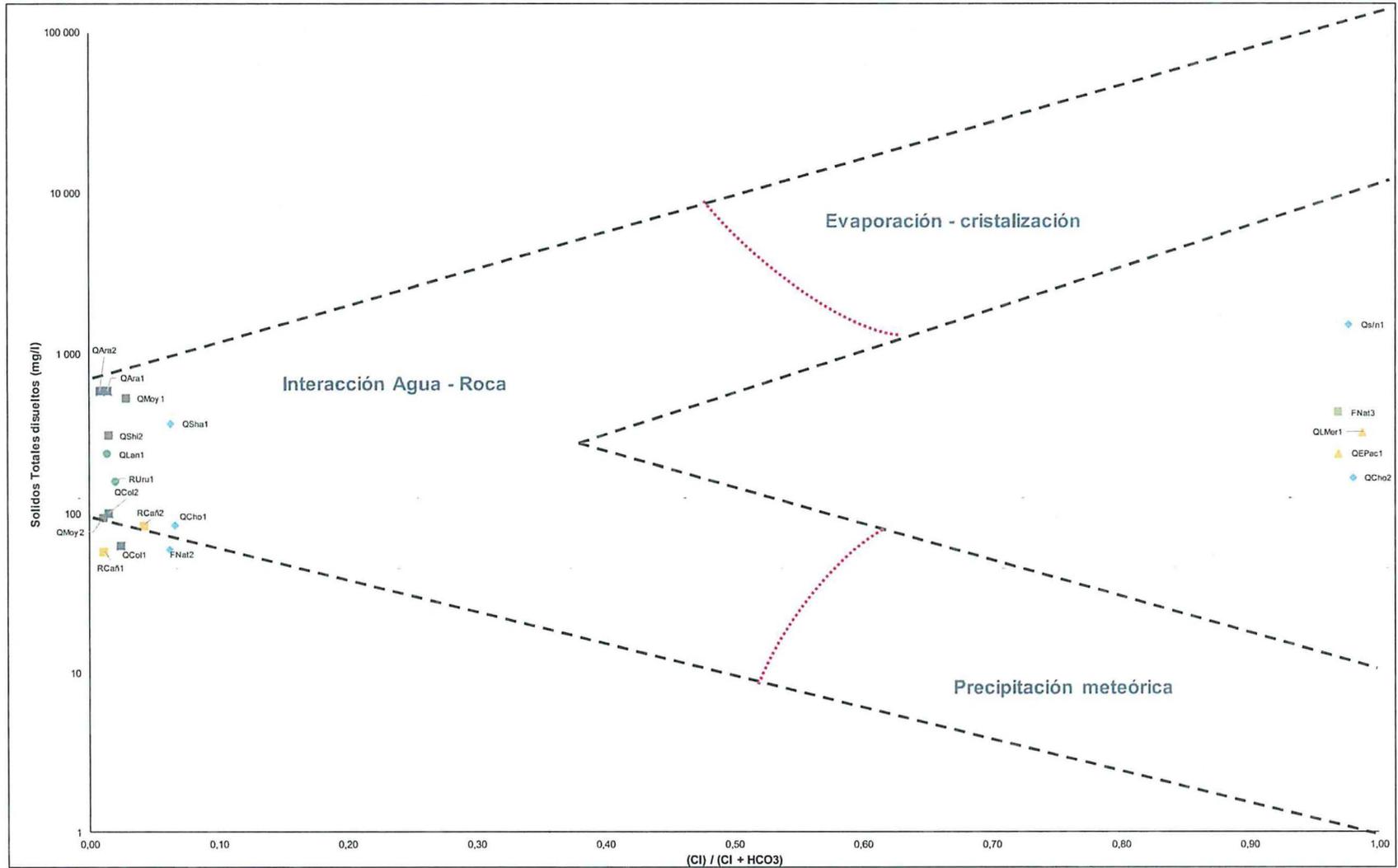


Figura 7-84. Modelo de Gibbs, según dependencia entre las STD y las relaciones iónicas (Cl⁻) / (Cl⁻ + HCO₃⁻) en marzo-2018

Handwritten notes and signatures on the left margin, including a circular stamp from the 'SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE EVALUACIÓN Y FISCACIÓN AMBIENTAL'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Teniendo presente el mecanismo controlador de la química de las aguas, es necesario identificar los procesos de interacción agua-roca que ocurren, por ejemplo, la meteorización de minerales. Las razones iónicas son una herramienta útil para determinar el origen de la composición de las aguas en un área de estudio. En este trabajo, la razón ocupada será rCa/rMg ($r = meq/l$), esta será graficada versus el Cl^- , anión frecuentemente utilizado como trazador a lo largo del flujo de agua subterránea (Han *et al.*, 2009). Además, se le puede considerar conservativo como indicador del movimiento del agua (Araguás, 1993).

La relación rCa/rMg señala que si la razón es igual a 1 se asume que ocurre disolución de dolomita, mientras que una razón más alta indica una mayor contribución de calcita (Mayo and Loucks, 1995). A su vez, Katz *et al.* (1998) agregó que una alta razón molar ($rCa/rMg > 2$) es indicativo de la contribución de silicatos. En la Figura 7-85 se puede observar que la mayoría de los datos caen sobre la línea igual a 2, lo que indicaría la interacción de las aguas analizadas con silicatos. Sin embargo, esta interacción es un mecanismo lento, por lo que no estaría relacionada con las condiciones de pH y temperatura registradas. Una posible explicación es que las aguas interactúen con silicatos ya meteorizados, lo que facilita que los iones provenientes de estos minerales sean adquiridos como componentes de las aguas.



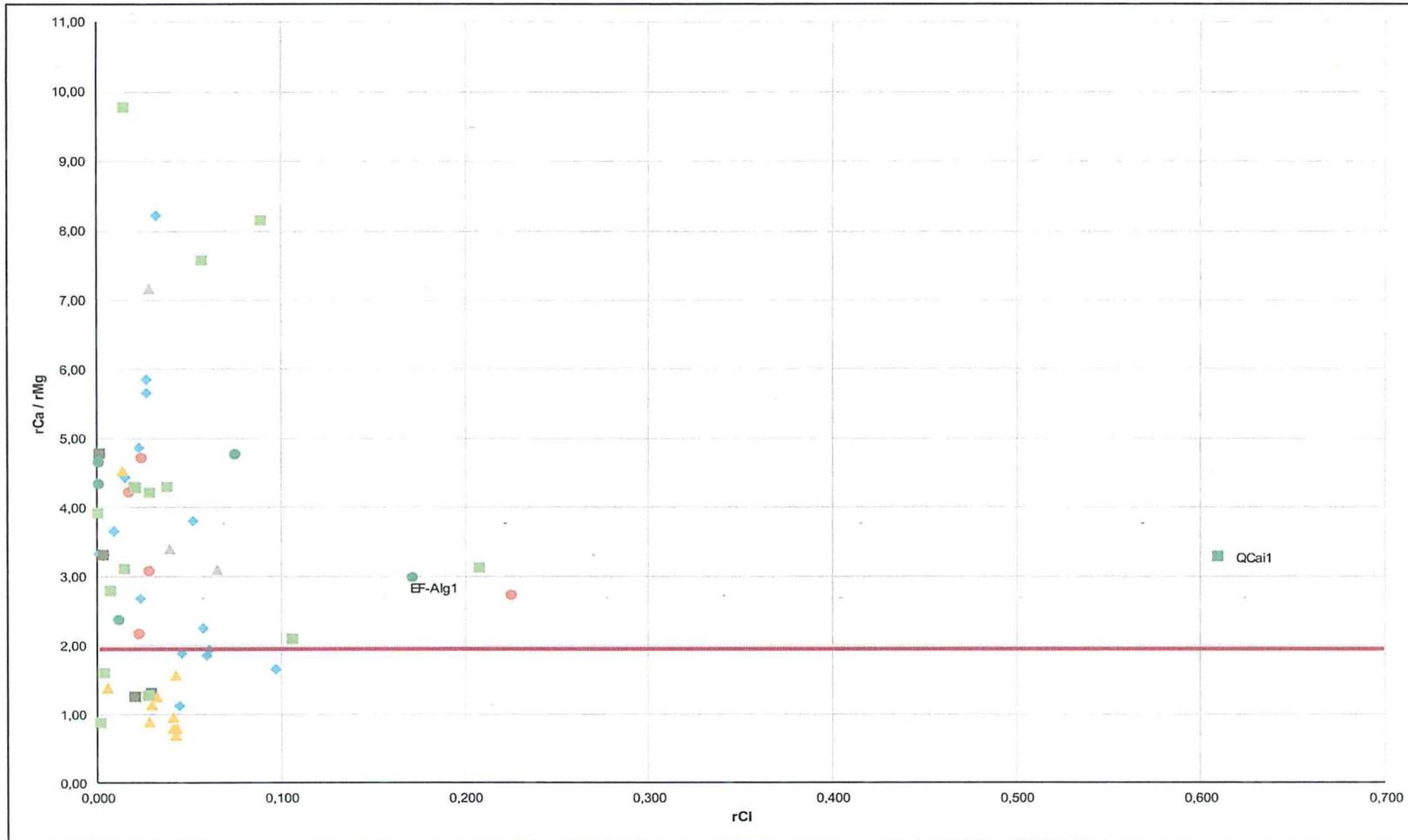
↑ J

J

cy

J

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



Leyenda: Zona I Zona II Zona III Zona IV Zona V Zona VI Zona VII

Figura 7-85. Relación de la razón iónica rCa/rMg versus el anión rCl en marzo-2018

7.3.3 Análisis estadísticos

a. Diagrama de cajas y bigotes

- Zona I

Según se aprecia en la Figura 7-86, de los 10 metales totales evaluados estadísticamente en mayo-2017 y marzo-2018, el punto Qs/n1 (bocamina abandonada) presentó valores atípicos en Al, Co, Li, Zn y Mn; de estos metales, solo Mn se presentó de forma atípica en el manantial FNat3. En mayo-2017, solo el punto Qs/n1 presentó valores atípicos de B. Finalmente, en marzo-2018, el punto QChu2 (Quebrada Chupaya, aguas abajo del punto Qs/n1) presentó valores atípicos en los metales Al, Co, Fe y Zn; y el punto Filtración1 presentó valores atípicos de Ba.

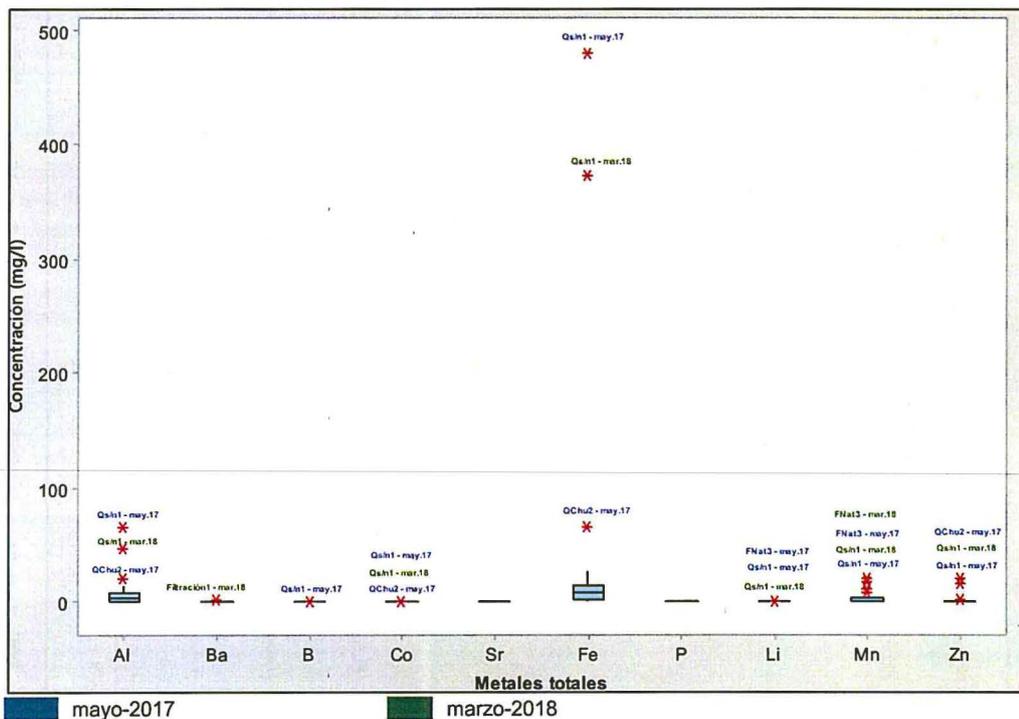


Figura 7-86. Diagrama de cajas para metales totales en la microcuenca Shahuindo, en mayo-2017 y marzo-2018

- Zona II

Según se aprecia en la Figura 7-87, de los 10 metales totales evaluados estadísticamente en mayo-2017, el punto QARA2 (ubicado en la quebrada Araqueda, aguas abajo del CC.PP. Araqueda) presentó valores atípicos en Ba y el punto QCol1, en los metales Co, Mn y Zn.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

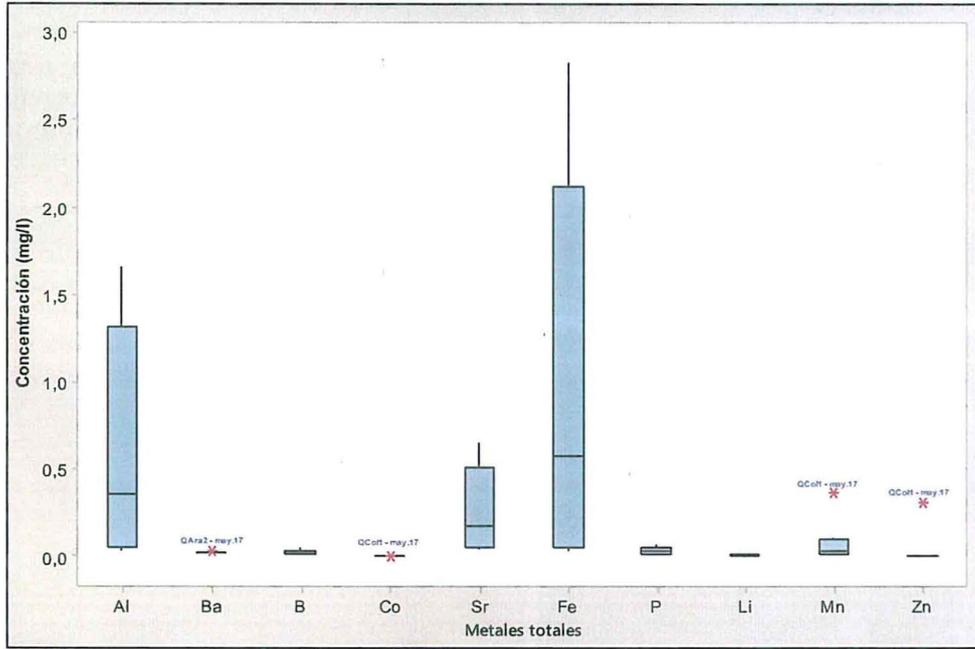


Figura 7-87. Diagrama de cajas para metales totales en la microcuenca Crisbamba, en mayo-2017 y marzo-2018

- Zona III

Según se aprecia en la Figura 7-88, para los 10 metales totales evaluados estadísticamente, solo el punto RChi2 (Río Chimín) presentó valores atípicos solo en el metal Co en mayo-2017.

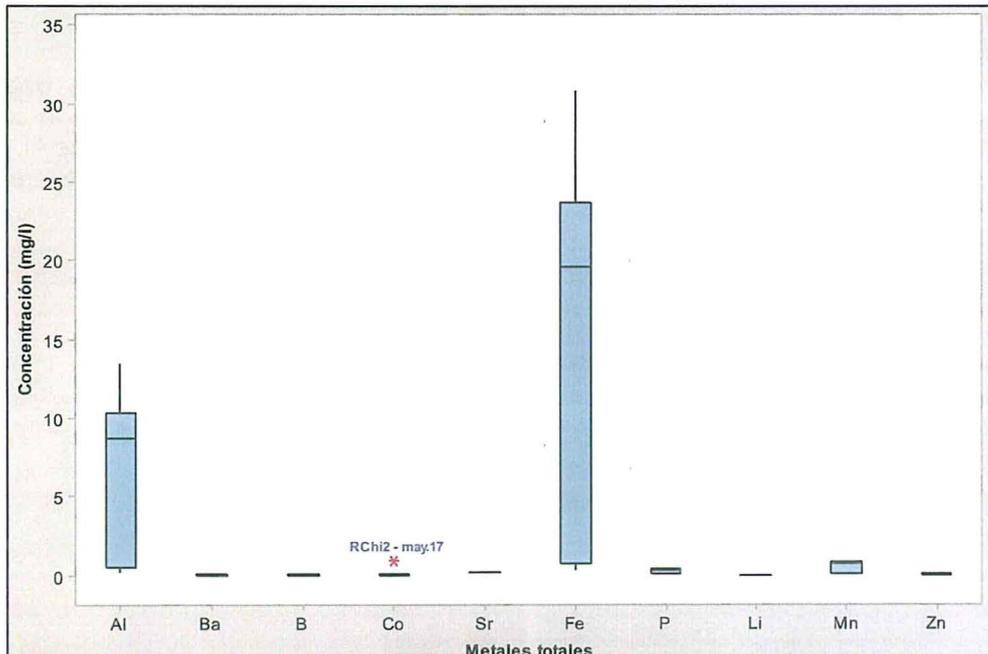


Figura 7-88. Diagrama de cajas para metales totales en la subcuenca Condebamba, en mayo-2017 y marzo-2018



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.

- Zona IV

Según se aprecia en la Figura 7-89, para los 10 metales totales evaluados estadísticamente, el punto EF-Alg1 (efluente proveniente de una bocamina de pequeña minería) presentó valores atípicos en los metales Al, Zn y Sr en mayo-2017. En mayo-2017 solo el punto QCa1 presentó valores atípicos para los metales Ba y Co.

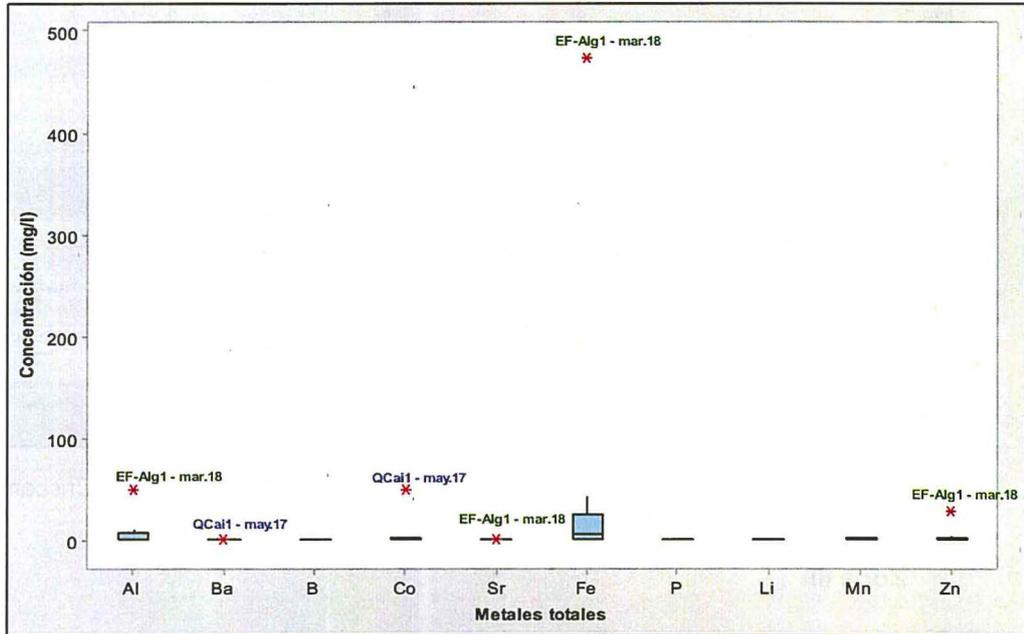


Figura 7-89. Diagrama de cajas para metales totales en la microcuenca Cañarís, en mayo-2017 y marzo-2018

- Zona V

Según se aprecia en la Figura 7-90, para los 10 metales totales evaluados estadísticamente, el punto QHig1 (quebrada Higuerón, aguas abajo de la zona de operaciones de la UM Shahuindo) presentó valores atípicos en los metales Al, Ba, Sr, Fe y P (solo para este último metal, el manantial FNat8 presentó referidas características) en marzo-2018.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

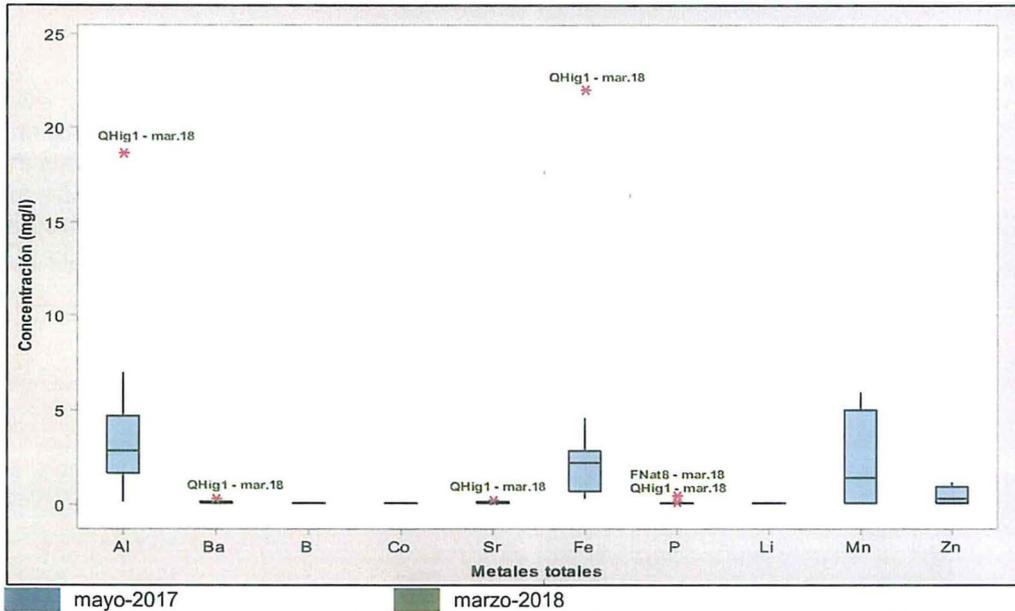


Figura 7-90. Diagrama de cajas para metales totales en la microcuenca El Pacae, en mayo-2017 y marzo-2018

- Zona VI

Según se aprecia en la Figura 7-91, para los 10 metales totales evaluados estadísticamente, el punto QMoy1 (Quebrada Moyán, aguas arriba del caserío La Colpa) presentó valores atípicos en los metales Co y Mn en mayo-2017. En marzo-2018, ningún punto de muestreo presentó valores atípicos para los metales evaluados estadísticos.

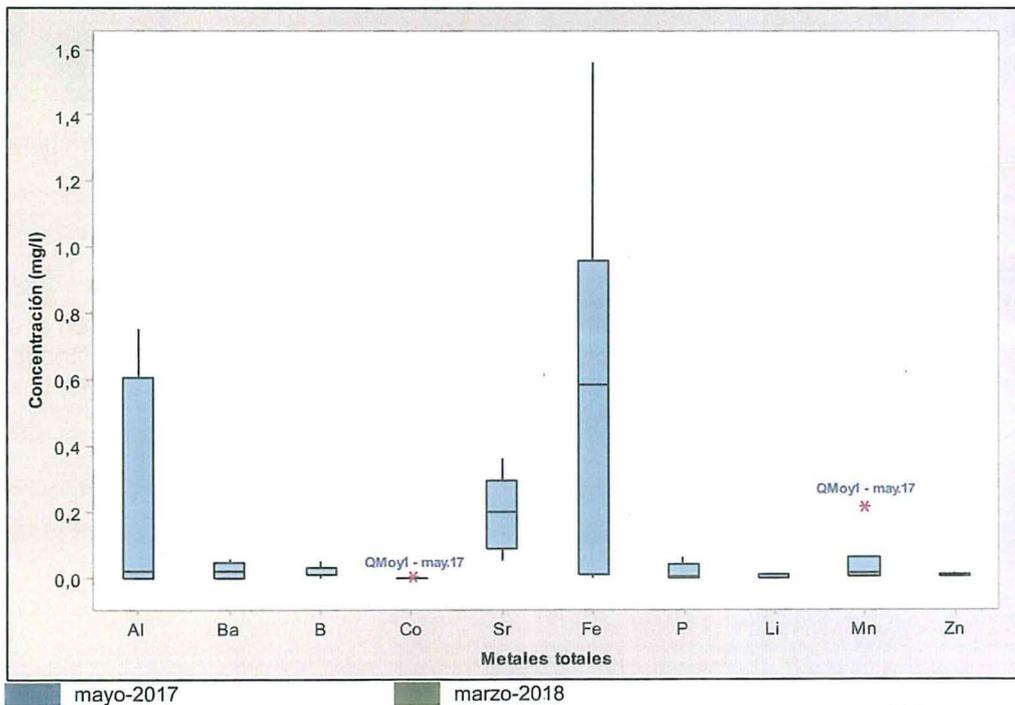


Figura 7-91. Diagrama de cajas para metales totales en la microcuenca Chiraque, en mayo-2017 y marzo-2018

- Zona VII

Según se aprecia en la Figura 7-92, para los 10 metales totales evaluados estadísticamente, el punto QShi1 presentó valores atípicos en el metal Co, en mayo-2017. En marzo-2018, los puntos QShi1b y QShi1c (cercano al sector minero La Chilca) presentaron valores atípicos para los metales Co, Al, Ba, P, Mn y Zn; mientras que el punto QShi1a (cercano al sector minero La Chilca), presentó valores atípicos para el metal Zn y finalmente el metal Li presentó valores atípicos en el punto QShi1c.

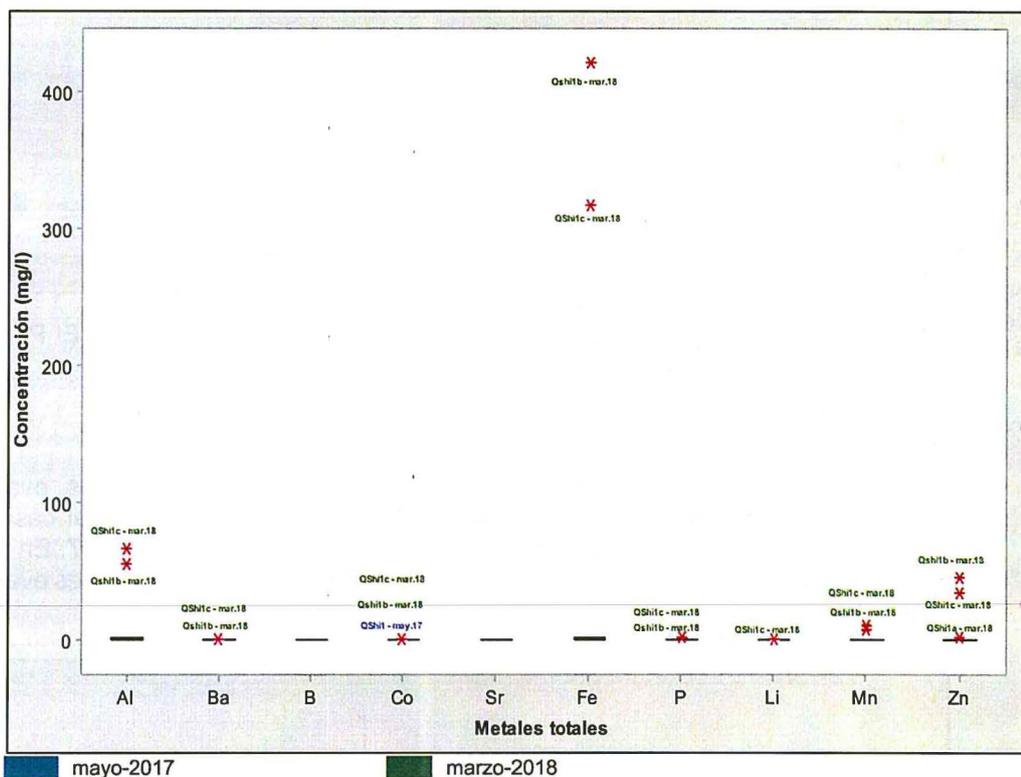


Figura 7-92. Diagrama de cajas para metales totales en la microcuenca Shingomate, en mayo-2017 y marzo-2018

8. DISCUSIONES

La evaluación tuvo como objetivo principal evaluar la calidad ambiental en el área de influencia de la UM Shahuindo, para lo cual se evaluaron las matrices agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas y aire. El área evaluada fue dividida en siete zonas, en función a la hidrografía (Figura 8-1).

Los sedimentos pueden actuar como portadores y posibles fuentes de contaminación porque los metales pesados no se quedan permanentemente y pueden ser liberados a la columna del agua por cambios en las condiciones ambientales tales como pH, potencial redox, oxígeno disuelto o la presencia de quelatos orgánicos (Förster, 1987; Sigg *et. al.*, 1987; Carignan y Tessier, 1988; Vaithyanathan *et. al.*, 1993; Singh *et. al.*, 1999).

La UM Shahuindo está ubicado en un área que se caracteriza por una serie de estructuras geológicas (anticlinales y sinclinales) extendidas a lo largo del eje noroeste-sureste, donde destaca el anticlinal Algamarca, el cual aflora a 1,5 km al suroeste del área del Proyecto. Estas estructuras tienen su origen en las rocas sedimentarias del Cretácico y son producto de múltiples eventos de empuje y pliegue en el Terciario, algunos de los cuales fueron acompañados por intrusiones ígneas y fallas. Estas intrusiones permitieron la mineralización hidrotermal que dieron origen al yacimiento Shahuindo²⁸.

Las comunidades hidrobiológicas de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces son las más frecuentemente usadas como indicadores en actividades de monitoreo biológico en quebradas y ríos (Li *et al.*, 2010). En ese contexto, el resultado esperado de la evaluación hidrobiológica era que las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos evaluados en el área de influencia de la UM Shahuindo, reflejen la calidad ambiental de las diferentes zonas de estudio.

Para obtener la evaluación de la calidad ecológica, se combinan las valoraciones de dos grupos: calidad hidromorfológica y calidad biológica (Encalada *et al.* 2011). La calidad hidromorfológica, se obtiene mediante una evaluación cualitativa de las características relacionadas con la vegetación de ribera y la naturalidad del canal del río, asignando valores de 0 a 5 (Encalada *et al.* 2011). Asimismo, la calidad biológica, se obtiene a partir de las familias de macroinvertebrados capturadas en la zona de estudio, el cual asigna valores numéricos entre uno y diez a cada familia registrada, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación (Prat *et al.* 2013).

En tal sentido, una buena calidad ecológica, conserva la naturalidad de la quebrada o río (Encalada *et al.* 2011) y la presencia de familias sensibles a contaminación (Prat *et al.* 2013). Asimismo, una moderada calidad ecológica, presenta alteración de la quebrada o río, además de la presencia de pocas familias sensibles. Mientras que, en un ambiente acuático de pésima calidad ecológica, generalmente hay ausencia de vegetación por alteración de la quebrada o río, además de ausencia de familias sensibles a contaminación.

Es importante mencionar que las principales vías de transporte de los metales y metaloides desde el suelo y el aire hacia el agua, son: la escorrentía superficial, la percolación y la precipitación atmosférica. La facilidad con que estos pasan del suelo al agua, y posteriormente a los fondos sedimentarios, dependerá de las propiedades físicas y químicas de las unidades implicadas, además de la composición química y la geomorfología del área en estudio.

Según Rosas (2001), las actividades humanas producen diferentes tipos de vertimientos que incrementan la concentración de metales pesados en los sedimentos fluviales. Según su forma de asociación, los metales son susceptibles o no de solubilizarse durante las modificaciones fisicoquímicas estacionales (estiaje o crecida) tales como: precipitación, vaporación, escurrimiento y vulcanismo (ATSDR, 2000).

²⁸ Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Shahuindo, aprobado el 2 de mayo de 2016, mediante Resolución Directoral N° 132-2016-MEM/DGGAAM.

A su vez, el aumento en el caudal y los cambios en la dinámica fluvial de los cuerpos de agua superficial pueden afectar drásticamente la configuración de su lecho, así como la distribución del sedimento, las plantas y la fauna a lo largo del cauce, generando problemas en el establecimiento de modelos aplicados a la hidroquímica de las corrientes naturales (Ruiz, Echeandía & Romero, 1996).

El área de influencia de la UM Shahuindo abarca siete microcuencas principales (siete zonas): La zona I comprende las quebradas Chupaya y Choloque que forman la quebrada Shahuindo y las quebradas La Vieja y sin nombre 2; en esta microcuenca se ubican el tajo y depósito de material estéril - Choloque.

La zona II comprende las quebradas Araqueda y Colpa, que a su vez forman el río Crisbamba. La zona III, comprende los ríos Condebamba, Chimín, Urupuyo y la quebrada Lanla. La zona IV, abarcó las quebradas Tranca El Agua, Caipuro y el río Cañarís. La zona V, comprende las quebradas Los Merinos y Sauce, que forman la quebrada El Pacae. Así mismo, en esta zona se encuentran las quebradas Higuierón y Contrahierba. Cabe señalar que en esta microcuenca se ubican el depósito de material excedente sur, depósito de material inadecuado, stockpile y pad de lixiviación. La zona VI, comprende la quebrada Moyán. La Zona VII, comprende la quebrada Shingomate y sus afluentes entre ellos las quebradas El Grajo, Cabrejos, Chilca y La Fila.

8.1. Zona I: Microcuenca de la quebrada Shahuindo

La microcuenca Shahuindo tiene una extensión de 22,2 km², con altitudes que varían desde los 3600 a los 2100 m s.n.m, según el EIA del proyecto Shahuindo²⁹. La zona evaluada comprendió las quebradas Chupaya, Choloque, Shahuindo, La Vieja, Sin nombre 2, así como el agua subterránea y manantiales. En esta zona se evaluaron las matrices de agua superficial, subterránea, sedimento y comunidades hidrobiológicas y efluente³⁰.

La distribución de los puntos en esta zona fue de 14 puntos de calidad de agua (4 manantiales, 4 en la quebrada Choloque, 3 en la quebrada Chupaya, 1 en la quebrada La Vieja, 1 en la quebrada Sin nombre 2 y 1 en la quebrada Shahuindo), 1 punto en efluente (drenaje ácido de la bocamina abandonada) y 1 piezómetro. Por otro lado, en sedimentos se evaluaron 9 puntos de muestreo (4 en la quebrada Choloque, 2 en la quebrada Chupaya, 1 en la quebrada La Vieja, 1 en la quebrada Shahuindo y 1 en la bocamina abandonada). Finalmente, para comunidades hidrobiológicas se evaluaron 8 puntos de muestreo (4 en la quebrada Choloque, 2 en la quebrada Chupaya, 1 en la quebrada Shahuindo, 1 en la bocamina abandonada y 1 en un manantial). Cabe señalar, que algunos puntos fueron muestreados solo una vez.

Los parámetros que superaron los ECA para Agua-Cat3 en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-2; para los casos del piezómetro, manantiales y drenaje ácido de la bocamina abandonada, la comparación es referencial.

Los metales totales en sedimentos que superaron referencialmente los valores establecidos en la norma canadiense en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-3.

²⁹ Capítulo 2 (Descripción del entorno del proyecto) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Shahuindo, aprobado el 10 de setiembre de 2013 mediante Resolución Directoral N.º 339-2013-MEM/AAM

³⁰ La bocamina abandonada que genera drenaje ácido de mina, no se encuentra reconocido como pasivo ambiental minero en la actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, aprobado el 12 de junio de 2018 mediante Resolución Ministerial N.º 224-2018-MEM/DM.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

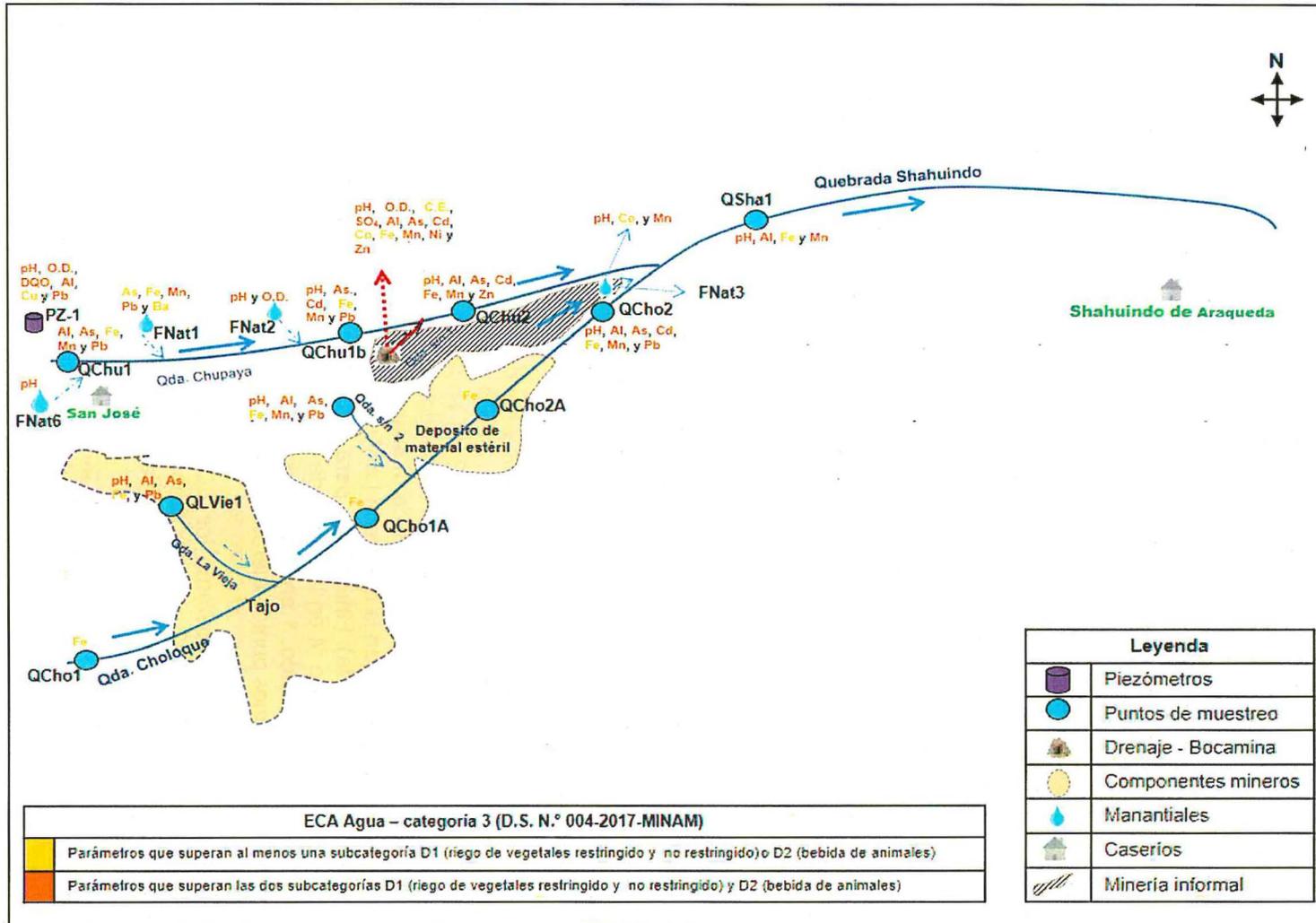


Figura 8-2. Parámetros que superaron los ECA Agua-Cat3, en la microcuenca Shahuindo

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

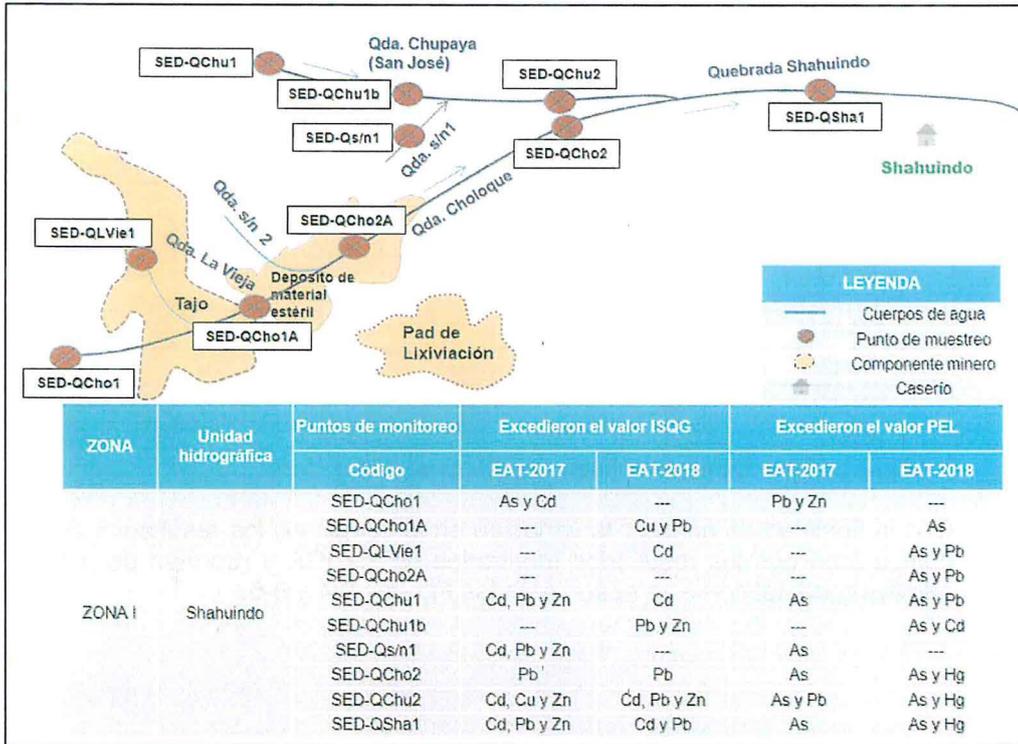


Figura 8-3. Distribución de los puntos de sedimento y metales que superan referencialmente la CEQG en la microcuenca Shahuindo

En la microcuenca Shahuindo se ubican los siguientes componentes: el botadero de desmonte (ubicado en la quebrada Choloque, que confluye con la quebrada Shahuindo) y el área del tajo (donde se ubican las quebradas Shahuindo - zona I y Shingomate - zona VII).

La UM Shahuindo, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tiene puntos de muestreo en la microcuenca Shahuindo, que en algunos casos coinciden o están próximos a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-1).

Tabla 8-1. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – zona I

Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental			
	EIA 2012 ³¹	Reporte monitoreo 2013 - 2014	EIASd 2017 ³²	Reporte monitoreo 2017
QCho1	-	CAS-20	-	SH-9
QCho1A	SH-6	CAS-8	-	-
QCho2A	SH-6A	-	PM-02	-
QCho2	-	CAS-15	-	-
QLVie1	SH-11	CAS-09	-	-
Qs/n2	-	-	PM-01	-
QChu1	-	-	-	SH-7

³¹ Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Shahuindo, aprobado el 10 de setiembre de 2013 mediante Resolución Directoral N.° 339-2013-MEM/AAM

³² Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración minera "Shahuindo", aprobado el 19 de julio de 2017, mediante Resolución Directoral N.° 202-2017-MEM/DGAAM.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental			
	EIA 2012 ³¹	Reporte monitoreo 2013 - 2014	EIASd 2017 ³²	Reporte monitoreo 2017
QChu1b	SH-14/Q1	-	-	-
QChu2	-	CAS-14	-	-
Qs/n1	SHP-01	-	-	-
QSha1	SH-05	CAS-16	PM-03	-
FNat1 ó Filtración1	-	-	-	-
FNat2	-	-	-	-
FNat3	M-3	-	-	-
FNat6	M-90	-	-	-
PZ-1	PZ-1	-	-	PZ-1

«-»: No se encuentra codificado en los IGA del administrado

Con la finalidad de analizar la variación en el tiempo de los resultados de OEFA, se compararon con los resultados mostrados en los IGA y reportes de monitoreo del administrado, tal como se observa en las Figuras 8-4 y 8-5.



J

f

Cy SA

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

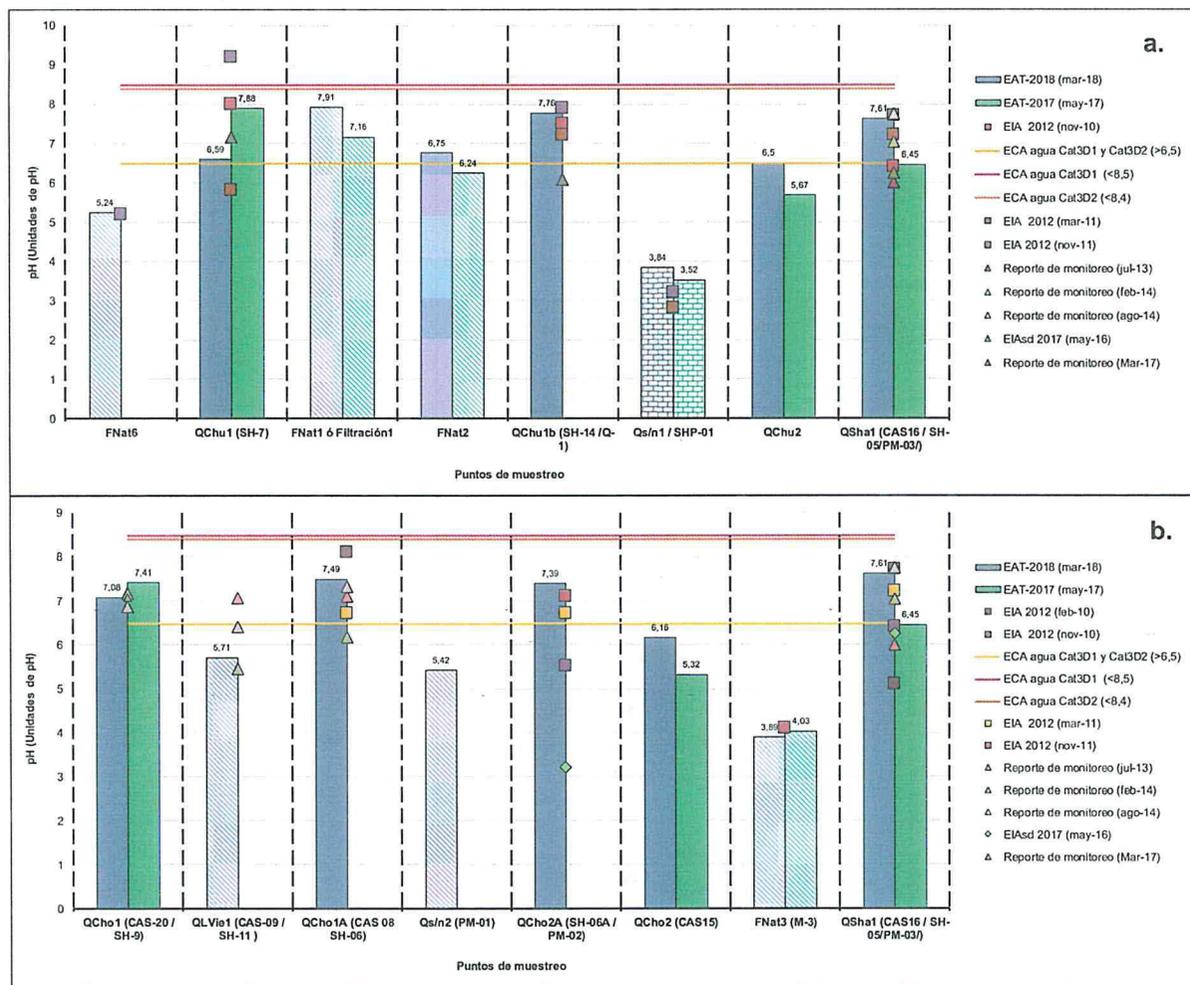
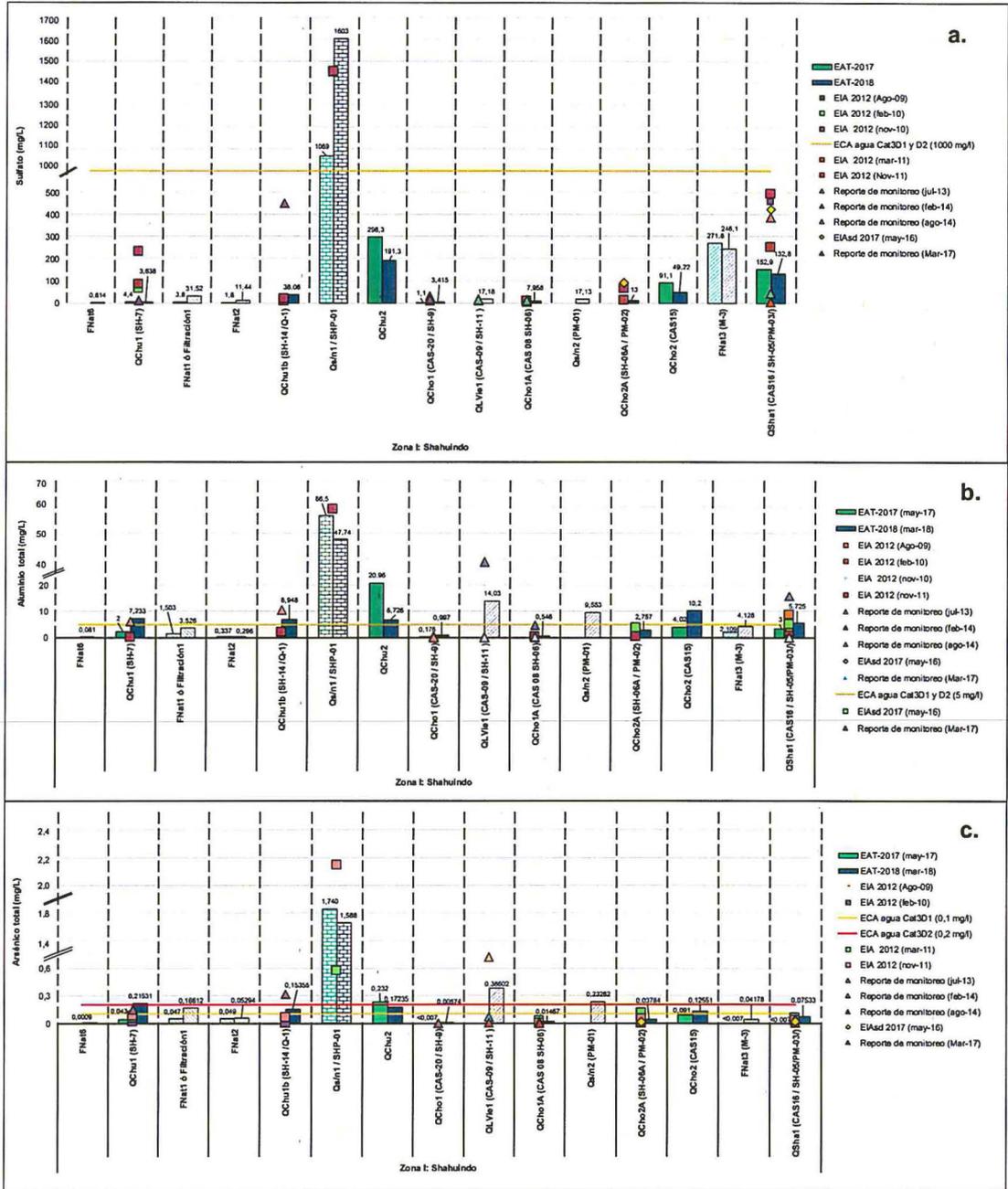


Figura 8-4. Comparación de los resultados de la (a) zona de la quebrada Chupaya y (b) zona de la quebrada Choloque del OEFA con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo durante los años 2010, 2011, 2013, 2014, 2016, 2017 y 2018
Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012, EIAsd 2017 y reportes de monitoreo mensuales (julio de 2013, febrero y agosto de 2014) del administrado y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

En la figura 8-5 se observan los resultados de Al, As, Fe, Mn total y SO₄ del OEFA, la línea de base y reportes mensuales del administrado, comparados con los ECA para Agua-Cat3.



Handwritten notes and a circular stamp from the 'SUBDIRECCION DE EVALUACION Y FISCALIZACION AMBIENTAL'.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

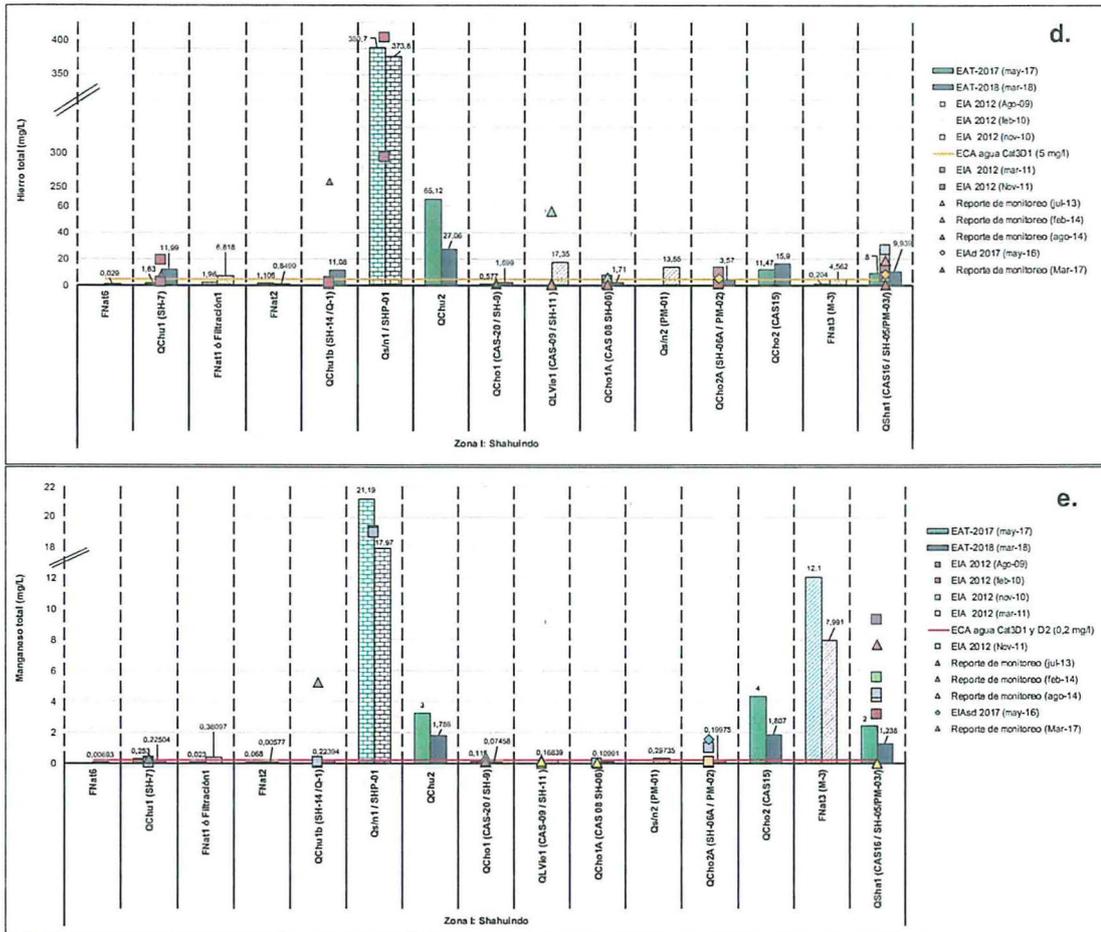


Figura 8-5. Comparación de los resultados de (a) SO₄⁻, (b) Al, (c) As, (d) Fe y (e) Mn del OEFA con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo durante los años 2010, 2011, 2013, 2014, 2016, 2017 y 2018

Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012, EIASd 2017 y los reportes de monitoreo mensuales (julio de 2013, febrero y agosto de 2014) del administrado, y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA. Las equivalencias de los códigos de los puntos de muestreo del administrado se muestran entre paréntesis “()”.

De la Figuras 8-4 y 8-5, se observa que los valores de pH en puntos ubicados en la naciente de las quebradas Choloque (QCho1) y Chupaya (QChu1) presentaron valores (7,41 y 7,08) y (7,88 y 6,59) dentro del rango establecido en los ECA para Agua-Cat3.

En el caso de la quebrada Chupaya, se aprecia que sus manantiales tributarios FNat1 (Filtración1) y FNat2 no influyen significativamente en su acidez ni en sus concentraciones de metales; sin embargo, al recibir el aporte del drenaje ácido (3,52 y 3,84 unidades de pH) de la bocamina abandonada (Qs/n1), en el punto QChu2 (aguas abajo) el pH disminuye hasta volverse ligeramente ácido (5,67 y 6,5), además de incrementarse sus concentraciones de Al (6,726 y 20,96 mg/L), As (0,17235 y 0,232 mg/L), Fe (27,06 y 65,12 mg/L) y Mn (1,786 y 3 mg/L). Asimismo, al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, se presentaron tendencias similares, apreciándose ligeros incrementos de las concentraciones de los metales solo en épocas de lluvia, debido a la escorrentía que genera erosión del suelo sin cobertura vegetal, lo cual se corrobora con la predominancia de los metales asociados a sólidos suspendidos.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, la naciente de la quebrada Chupaya (QChu1) presenta facies bicarbonatadas cálcicas, luego de recibir el aporte de los dos manantiales mencionados de iguales características hidroquímicas, por lo que no influyeron en las facies de la quebrada. Sin embargo, el aporte de la bocamina abandonada (Qs/n1) de facies sulfatadas cálcicas, cambió las facies de la quebrada en el punto QChu2, de bicarbonatada cálcica a sulfatada cálcica.

Según el diagrama de Ficklin, las aguas de los puntos evaluados (QChu1 y QChu1b) en la quebrada Chupaya aguas arriba de la descarga bocamina abandonada (Qs/n1), están cerca a la neutralidad (pH ligeramente ácido) y baja concentración de metales, mientras que en el punto QChu2 (aguas abajo de la bocamina), las clasifica cerca a la neutralidad (pH ligeramente ácido), pero con alta carga de metales.

La concentración de Hg en el sedimento de la quebrada Chupaya (SED-QChu2), con respecto a los puntos ubicados aguas arriba de la descarga de la bocamina (SED-QChu1 y SED-QChu1b), se incrementó hasta superar el valor PEL de la CEQG, debido principalmente a la presencia de la bocamina abandonada; por otro lado, la concentración de As disminuyó, pero superó de igual manera el valor PEL.

Sobre las comunidades hidrobiológicas, el punto HID-QChu2 (ubicado aguas abajo de la bocamina), registró una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, además la calidad ecológica varió de «buena» a «pésima», respecto al punto aguas arriba, ubicado en la naciente de la quebrada Chupaya, (HID-QChu-1) el cual registró los valores más altos de la riqueza y abundancia, siendo la presencia del género *Hyaella* (orden Amphipoda), el cual presentó la mayor abundancia, ya que, según Roldán (1992); este género se presenta en lugares con alta carga orgánica. Además, se resalta la presencia de los órdenes Coleoptera y Diptera. La presencia de la orden Diptera se debería a su amplio rango de distribución, ya que es un grupo muy diversificado con múltiples estrategias de alimentación y con adaptaciones a diferentes factores ambientales (Merritt *et al.* 2008 y Domínguez *et al.* 2009). Se destaca la presencia de los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria, por presentar los mayores valores de riqueza y abundancia, lo que confirma la afectación de la quebrada Chupaya.

Respecto a los manantiales FNat1 (Filtración¹³³) y FNat2 que descargan en la quebrada Chupaya, el manantial FNat1 presentó concentraciones de Ba (0,023 y 1,502 mg/L), As (0,047 y 0,1661 mg/L), Fe (1,96 y 6,818 mg/L), Pb (<0,001 y 0,0557 mg/L) y Mn (0,023 y 0,38097 mg/L) que superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3 (marzo-2018), mientras que solo el Fe superó referencialmente el estándar en ambos periodos. Por otro lado, los parámetros evaluados en el manantial FNat2 cumplieron con los estándares mencionados, con excepción del pH (6,24 y 6,75) que superó referencialmente los ECA para Agua-Cat3 (mayo-2017). Además, la caracterización hidroquímica según Piper, estos puntos tuvieron facies sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcicas, respectivamente. Asimismo, según el diagrama de Ficklin, los clasifica como cercanos a la neutralidad (pH ligeramente ácido) con baja concentración de metales. Es necesario precisar que estos manantiales no se encuentran en el inventario de manantiales que presentó el administrado en sus IGA, además, la UM Shahuindo viene realizando trabajos de desbroce e ingeniería en el

33

En el informe N.º 0067-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA correspondió al manantial FNat1, posteriormente en la marzo-2018, dicho punto recibió el nombre de Filtración1, ya que en la ejecución se apreció una diferencia paisajística notoria, posteriormente se evidenció que provenía de la derivación del manantial FNat1 (ver Figura 8-6).

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

área de componentes auxiliares (cantera San José³⁴), para ello derivaron el curso del manantial FNat1 mediante una tubería de PVC, como se aprecia en las Figura 8-6.

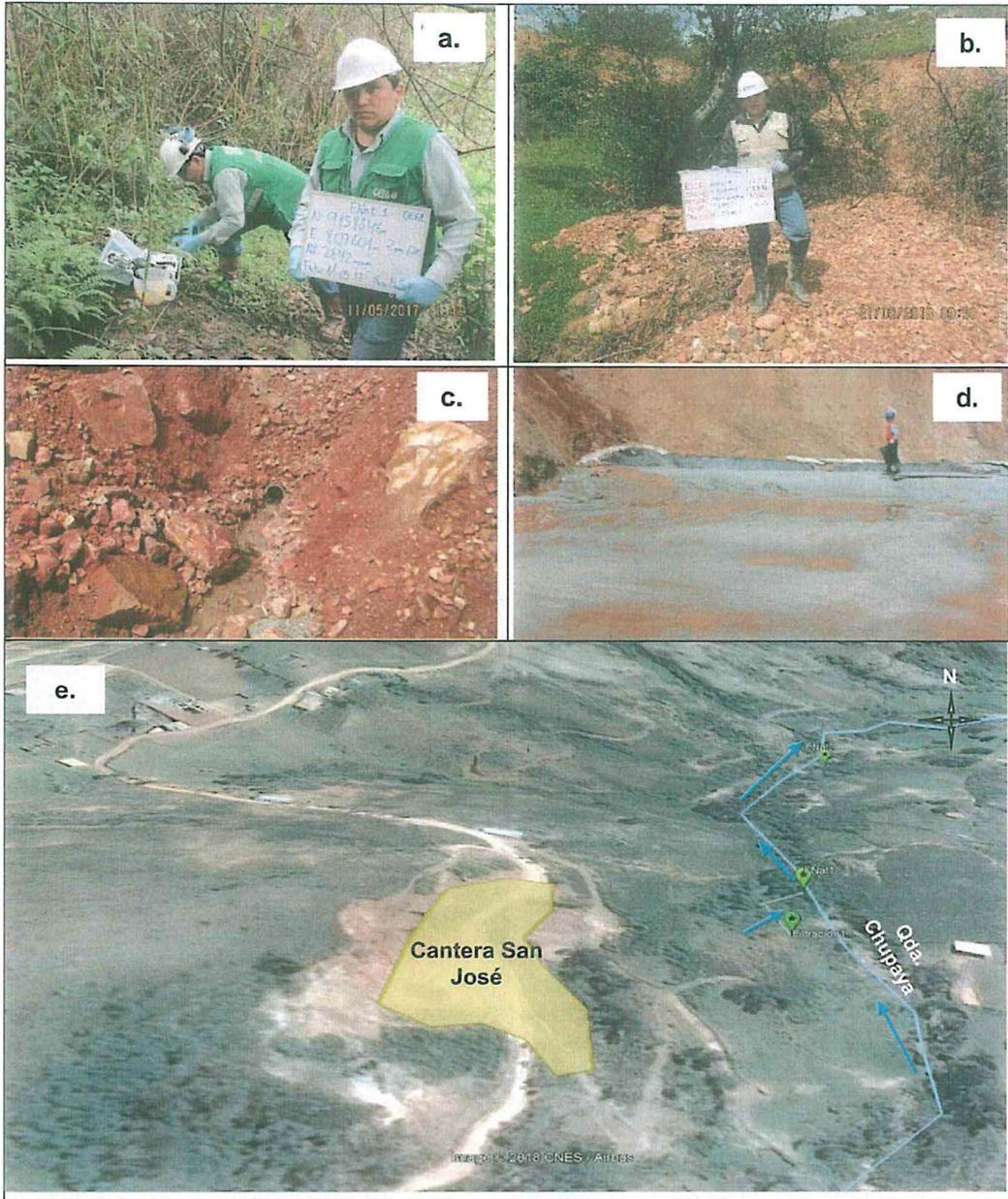


Figura 8-6. Vista del manantial FNat1: (a) manantial FNat1 en mayo de 2017; (b) manantial FNat1 en marzo de 2018; (c) Tubo de derivación del manantial FNat1; (d) trabajos realizados en la cantera San José; (e) imagen satelital del tramo de interés.

La descarga de la bocamina abandonada (Qs/n1³⁵) presentó concentraciones de As (1,588 y 1,740 mg/L), Zn (15,99 y 20,46 mg/L) y Fe_{disuelto} (362,6 y 468 mg/L), que junto

³⁴ Primera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero "Shahuindo" en el área de acumulación Shahuindo, aprobado el 2 de mayo de 2016 mediante Resolución Directoral N.º 132-2016-MEM/AAM

³⁵ Es necesario mencionar que, si bien el punto Qs/n1 se encuentra en la lista de pasivos identificados por el administrado, no se encuentra dentro del listado actualizado de pasivos ambientales mineros del Minem.

a los valores de pH registrados superaron los LMP³⁶. Además, según Piper, la caracterización hidroquímica en este punto presentó facies sulfatadas cálcicas. Asimismo, según el diagrama de Ficklin lo clasifica como ácida (pH ácido) con alta concentración de metales. Es necesario indicar el riesgo ambiental que suponen los pasivos ambientales mineros; en ese sentido, tal como menciona Arranz-González (2008), son todos aquellos elementos, tales como instalaciones, edificaciones, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en entornos de minería abandonada o inactiva, constituyen un riesgo potencial permanente para el medio ambiente y la salud de las personas (Figura 8-7).

Estos valores bajos de pH y alta concentración de metales registradas en este punto representan la elevada actividad de los iones hidrógeno: componente mayoritario en las aguas ácidas ferrocupríferas provenientes de las infiltraciones de bocaminas abandonadas (Gray, 1997). Estos aportes de aguas ácidas se caracterizan por presentar altas concentraciones de Fe y sulfatos, y elevadas concentraciones de una amplia variedad de metales (Webster *et al.*, 1998). No obstante, las concentraciones de sulfatos registradas (1069 y 1603 mg/L), también pueden deberse a fuentes naturales, producto de la lixiviación de minerales sulfurosos nativos, en donde el azufre es oxidado para producir sulfatos, pero en menor cantidad comparado con la actividad minera (Hem, 1992).

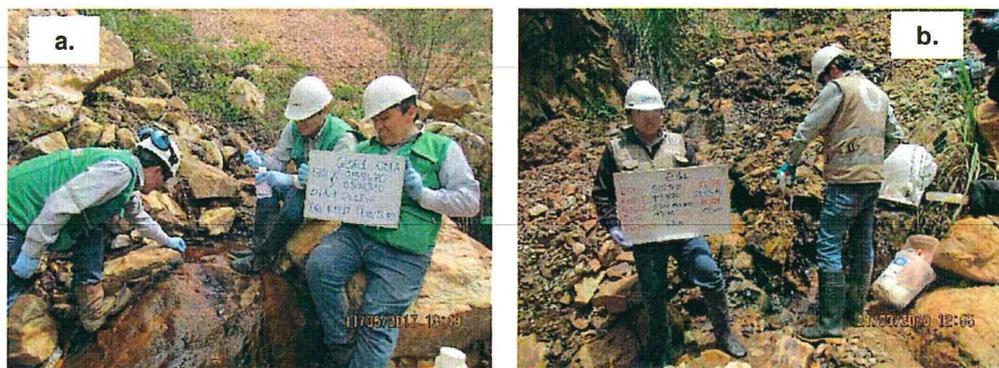


Figura 8-7. Vista frontal del punto Qs/n1 (Bocamina abandonada)

En general, las aguas sulfatadas encontradas en los puntos ubicados aguas abajo de la descarga de la bocamina abandonada (Qs/n1), en la quebrada Chupaya; y aguas abajo de las quebradas aportantes de la quebrada Choloque (quebradas La Vieja y sin nombre 2) pueden responder a fenómenos locales de mineralización (zona proyecto tajo), como la presencia de sulfuros metálicos (De La Rosa, 2010), descartándose su origen evaporítico. La aparición de facies sulfatadas ocurre cuando el substrato o el lecho de la quebrada o acuífero está definido por materiales triásicos compuestos de arcillas y yesos; estas tienden a estar relacionadas generalmente con las mayores mineralizaciones (IGME, 1985).

El principal factor que controla la problemática ambiental que existe en las áreas mineralizadas, tanto antes de las actividades mineras como durante la extracción y el procesamiento, es la mineralogía del yacimiento (Plumlee y Nash, 1995). Los yacimientos de un tipo determinado con características geológicas similares deben producir un impacto parecido (Plumlee *et al.* 1995). Este impacto puede ser establecido

³⁶ Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

y cuantificado compilando las características geológicas y mineralógicas de los yacimientos, y sobre todo generando información de los procesos que controlan la liberación de acidez (Fetter, 1999; Armienta-Hernández *et al.*, 1996; Robles y Armienta, 2000).

Por otro lado, en la quebrada Choloque se apreció que los valores de pH de los puntos Qs/n2 (5,42), ubicado en la quebrada sin nombre 2, y QLVie1 (5,71), ubicado en la quebrada La Vieja, tributarios de la quebrada en mención, no influyen significativamente en la calidad del punto QCho2A (7,39), ubicado aguas abajo de la confluencia de estas quebradas (La Vieja y Sin nombre 2). Sin embargo, en el punto Qcho2, el pH disminuye a ligeramente ácido (5,32 y 6,12) e incrementó sus concentraciones de sulfato (49,22 y 91,1 mg/L) y de los metales Al (4,02 y 10,2 mg/L), As (0,12551 y 0,091 mg/L), Fe (11,47 y 15,9 mg/L) y Mn (4,33 y 1,807 mg/L) en el punto QCho2, con respecto a los puntos ubicados aguas arriba (QCho1, QCho1A, QCho2A) debido a la erosión que se genera en épocas de lluvia en los terrenos sin cobertura vegetal, alterados por las actividades mineras artesanales de la zona de Chupaya (Figura 8-8). Asimismo, al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, presentaron tendencias similares, lo cual se corrobora con la predominancia de los metales asociados a sólidos suspendidos.



1
2
3
4
5



Figura 8-8. Vista satelital de la confluencia de las quebradas Choloque y Chupaya, evidenciándose áreas erosionadas.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, los puntos QCho1 y QCho1A, ubicados en la parte alta de la quebrada Choloque presenta facies bicarbonatadas cálcicas. Sin embargo, luego de recibir el aporte sobre todo de la quebrada Sin nombre 2 de facies sulfatadas cálcicas, la facie en la quebrada Choloque

cambió a sulfatada cálcica en los puntos QCho2A y QCho2 (ubicado aguas abajo de la confluencia de las quebradas).

Mientras que según el diagrama de Ficklin los puntos evaluados en la quebrada Choloque (QCho1, QCho1A y QCho2A), clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad (pH ligeramente ácido) y baja concentración de metales, mientras que en el punto QCho2 (aguas abajo de los suelos que presentan alteración) clasifica sus aguas como ácidas, con alta concentración de metales.

La concentración de Hg en el sedimento de la quebrada Choloque (puntos SED-QCho2) se incrementó hasta superar referencialmente el valor PEL de la CEQG, mientras la concentración de As aumentó en el tramo comprendido entre los puntos SED-QCho1A y SED-QCho2A; para posteriormente disminuir en el punto SED-QCho2, superando de igual manera el valor PEL; con respecto al punto ubicado aguas arriba (SED-QCho1), el cual presentó concentraciones de Cd y Zn que superaron el valor PEL del estándar mencionado, disminuyendo en los puntos ubicados aguas abajo del mismo.

Sobre las comunidades hidrobiológicas, el punto HID-QCho2 (ubicado aguas abajo de los suelos que presentan alteración) registró una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, además la calidad ecológica varió de «buena» a «pésima», con respecto al punto aguas arriba, ubicado en la naciente de la quebrada Choloque (HID-QCho1), el cual registró los valores más altos de la riqueza y abundancia.

Como se puede notar, los cambios observados en el agua (QCho2), el sedimento (SED-QCho2) y las comunidades hidrobiológicas (HID-QCho2) se deberían principalmente a la erosión que se genera en épocas de lluvia en los terrenos sin cobertura vegetal, alterados por las actividades mineras artesanales en la margen izquierda de la quebrada Choloque.

Respecto a los aportantes QLVie1 y Qs/n2 de la quebrada Choloque (evaluados en marzo-2018), el punto QLVie1 (ubicado en la quebrada La Vieja) presentó concentraciones de Al (14,03 mg/L), As (0,38602 mg/L), Pb (0,2797 mg/L) y Fe (17,35 mg/L), respectivamente, que superaron los ECA para Agua-Cat3. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presenta facies sulfatadas cálcicas; y según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad (pH ligeramente ácido) y baja concentración de metales. La concentración de As y Pb en el sedimento de la quebrada La Vieja (SED-QLVie1) superó referencialmente el valor PEL de la CEQG.

Por otro lado, el punto Qs/n2 (ubicado en la quebrada Sin nombre 2) presentó concentraciones de Al (9,553 mg/L), As (0,23262 mg/L), Pb (0,1737 mg/L) Fe (13,55 mg/L) y Mn (0,29735 mg/L), que superaron los ECA para Agua-Cat3. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presenta facies sulfatadas cálcicas y según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como ácidas con baja concentración de metales.

El manantial Los Encuentros (FNat3) que descarga en la quebrada Choloque (aguas abajo del punto QCho2 y aguas arriba de la confluencia con la quebrada Chupaya) presentó valores de pH ácido (3,89 y 4,03) y concentraciones de Co (0,067 y 0,04525 mg/L) y Mn (12,1 y 7,991 mg/L) donde el pH y Mn superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3 en ambos periodos, mientras que solo el Co superó referencialmente el estándar en mayo-2017; además se apreció ligeros incrementos de las concentraciones de los metales solo en épocas de lluvia, debido a posibles



infiltraciones. Es importante mencionar que las actividades mineras artesanales (bocaminas) que se emplazaron en las márgenes de las quebradas Choloque y Chupaya (Figura 8-8) podrían haber alterado la calidad de agua del manantial FNat3. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presenta facies sulfatadas cálcicas; mientras que según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como ácidas con baja concentración de metales.

En la quebrada Shahuindo (formado por la confluencia de las quebradas Choloque y Chupaya) se ubicó el punto QSha1, el cual presentó valores de pH (6,45 y 7,61) y concentraciones de Al (3,24 y 5,725 mg/L), Fe (8,49 y 9,939 mg/L) y Mn (2,42 y 1,238 mg/L), siendo las concentraciones de Fe y Mn que superaron los valores establecidos en los ECA para Agua-Cat3 en ambos periodos; mientras que el pH (mayo-2017) y Al (marzo-2018) superaron este estándar. Asimismo, al comparar con la línea de base y los datos históricos de la UM Shahuindo, se presentaron resultados similares, apreciándose ligeros incrementos de las concentraciones de los metales solo en épocas de lluvia.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, la quebrada Shahuindo (QSha1) presenta facies sulfatadas cálcicas luego de recibir el aporte de las dos quebradas mencionadas. Mientras que según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad (pH ligeramente ácido) y baja concentración de metales.

Por otro lado, la concentración de As y Hg en el sedimento de la quebrada Shahuindo (punto SED-Sha1) superó el valor PEL de la CEQG en ambos periodos, lo que no se registró en los puntos ubicados en la naciente de las quebradas Choloque (SED-QCho1) y Chupaya (SED-QChu1), debido a la escorrentía del suelo sin cobertura vegetal ubicado en los tramos finales de las quebradas Choloque y Chupaya, lo cual se corrobora con la predominancia de los metales asociados a sólidos suspendidos.

Sobre las comunidades hidrobiológicas, el punto HID-QSha1 registró una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, además su calidad ecológica fue «pésima». Este punto presentó una reducción del orden Diptera a un solo taxa. Asimismo, estudios sobre la riqueza del perifiton en ríos con pH ácido (Bray P. *et al*, 2008) mostraron que la riqueza de microalgas es afectada por este parámetro. Esta condición fue más evidente que en los puntos ubicados en la naciente de las quebradas Chupaya y Choloque, apreciándose una notable reducción de la riqueza y abundancia en los phyla Bacillariophyta (5 taxa) y Cyanobacteria (1 taxa).

Por último, el piezómetro PZ-1 (ubicado gradiente abajo del tajo) presentó un valor de pH (3,68) y concentraciones de oxígeno disuelto (1,68 mg/L), DQO (358 mg/L), Al (7,464 mg/L), Cu (0,4344 mg/L) y Pb (0,0546 mg/L), que superaron los valores establecidos en los ECA para Agua-Cat3 (referencialmente). Así mismo, al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, presentaron tendencias similares. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, el piezómetro PZ-1 presenta facies sulfatadas potásicas. Mientras que según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como ácidas con baja concentración de metales.



8.2. Zona II: Microcuenca del río Crisbamba

El río Crisbamba se forma por la confluencia de las quebradas Araqueda y La Colpa. La microcuenca tiene una extensión de 46,5 km² con altitudes que varían desde 2150 hasta 3350 m s.n.m., según el EIA del proyecto «Shahuindo»³⁷.

La distribución de los puntos de muestreo en esta zona fue de 4 puntos de calidad de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas (2 en la quebrada La Colpa y 2 en la quebrada Araqueda). Cabe señalar, que algunos puntos fueron muestreados solo una vez.

Los parámetros que superaron los ECA para Agua-Cat3 en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-9. Mientras que los metales totales en sedimentos que superaron referencialmente los valores establecidos en la norma canadiense se muestran en la Figura 8-10.



Handwritten signatures and initials in blue ink.

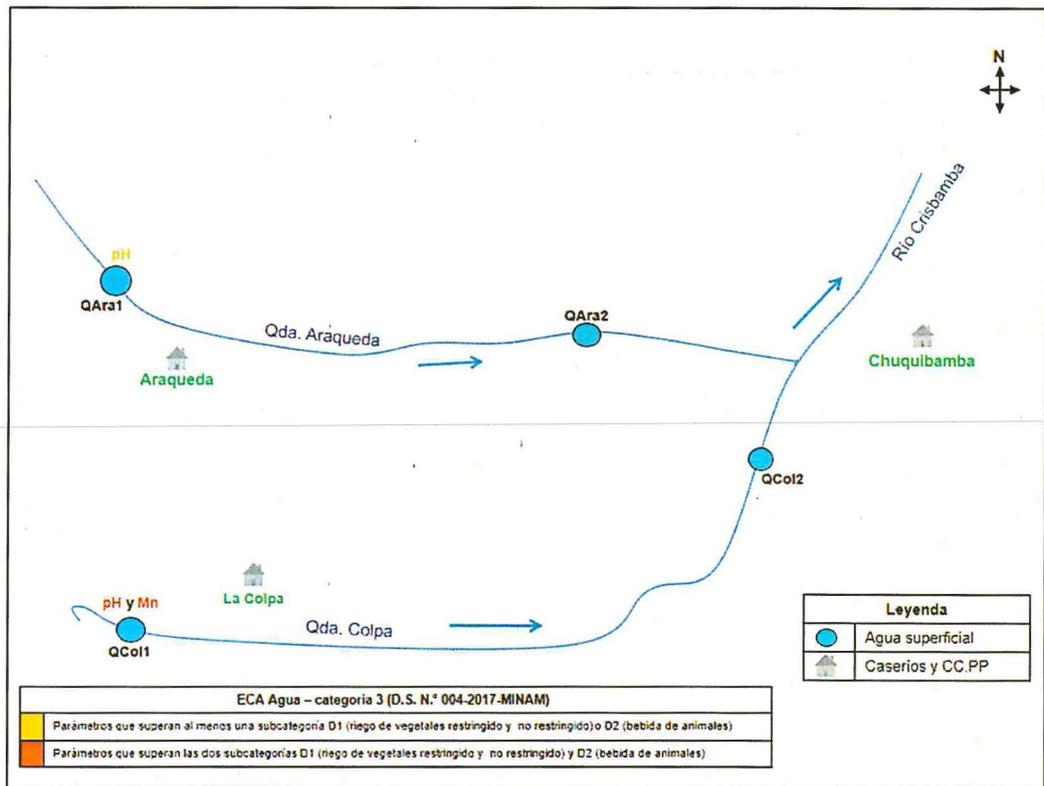


Figura 8-9. Parámetros que superaron los ECA Agua–Cat3, en la microcuenca Crisbamba

³⁷ Capítulo 2 (Descripción del entorno del proyecto) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Shahuindo, aprobado el 10 de setiembre de 2013 mediante Resolución Directoral N.° 339-2013-MEM/AAM

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

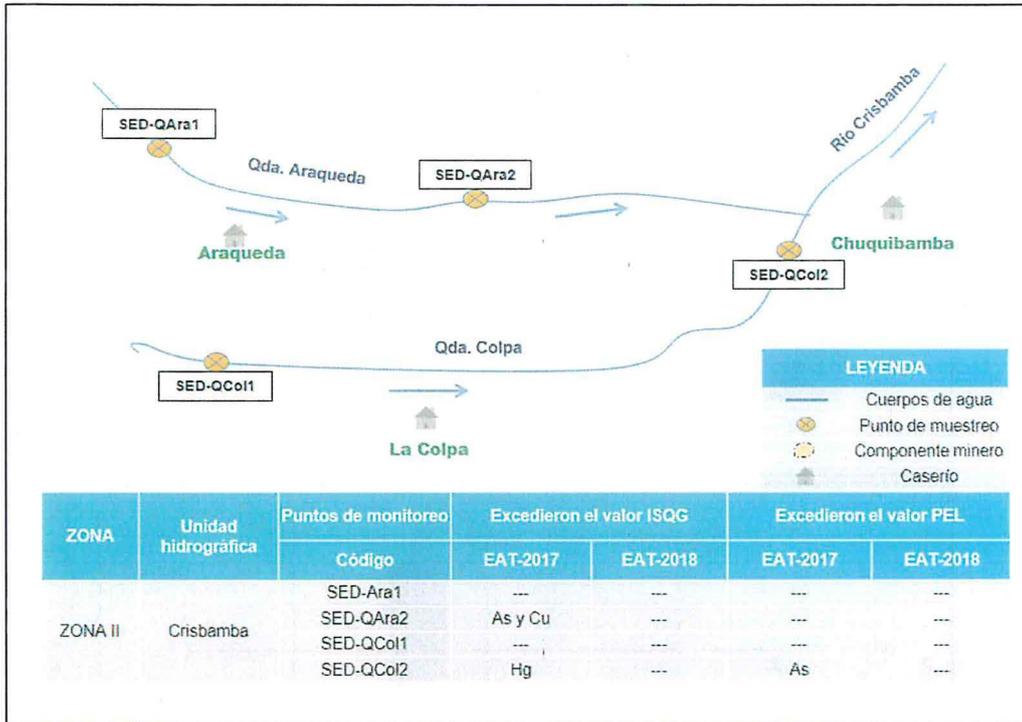


Figura 8-10. Distribución de los puntos de sedimento y metales que superan referencialmente la CEQG en la microcuenca Crisbamba

El administrado, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tiene puntos de muestreo en la microcuenca Crisbamba, que en algunos casos coinciden o están próximos a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-2).

Tabla 8-2. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – zona II

Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental	
	Línea de Base Ambiental	Reporte monitoreo 2013 - 2014
QAra1	SH-09	CAS1
QAra2	-	-
QCol1	-	-
QCol2	-	-

«-»: Punto no evaluado en los IGA del administrado

Con la finalidad de analizar la variación en el tiempo de los resultados de OEFA, se compararon con los resultados mostrados en los IGA y reportes de monitoreo del administrado, tal como se observa en la Figura 8-11.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

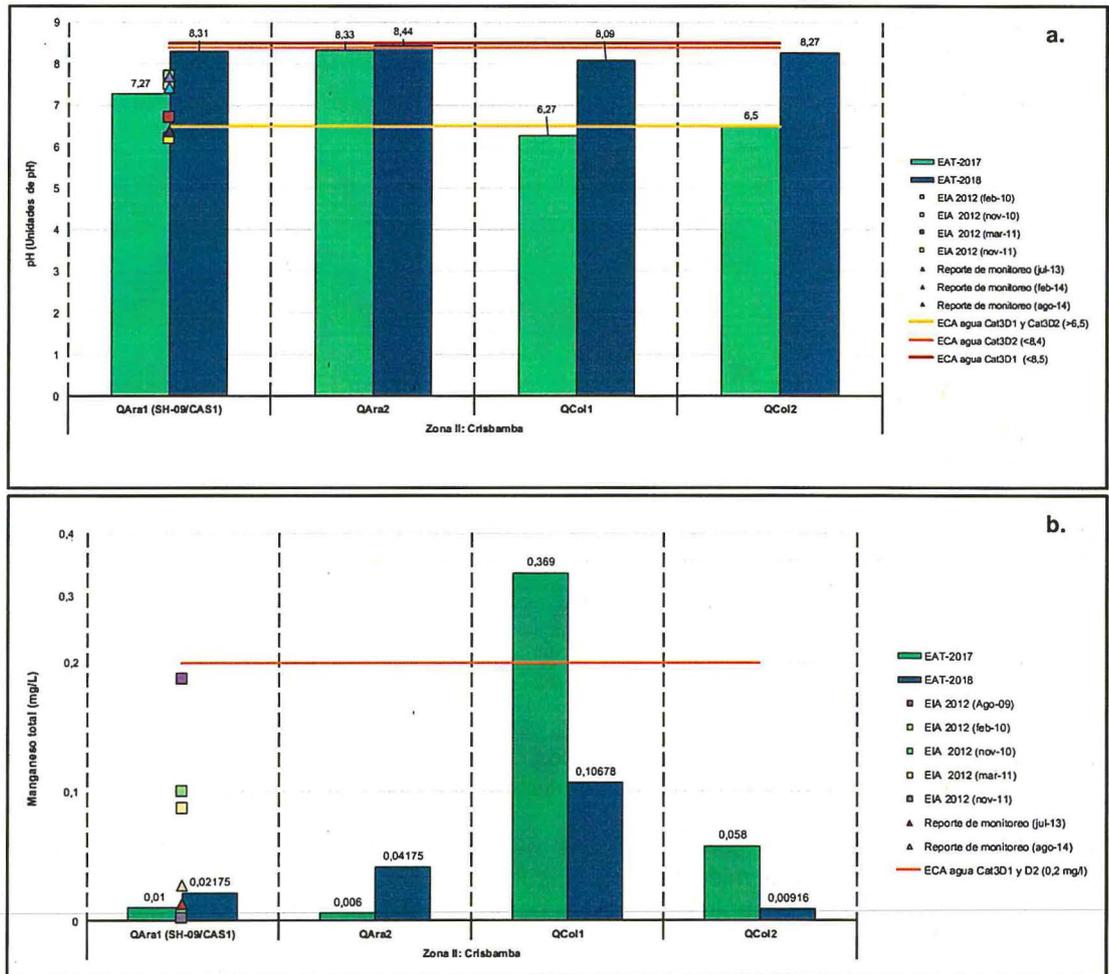


Figura 8-11. Comparación de los resultados de a) pH y b) Mn reportados por el OEFA con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo durante los años 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2017 y 2018

Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012 y reportes de monitoreo mensuales (julio de 2013, febrero y agosto de 2014) del administrado y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA

De acuerdo con las Figuras 8-9, 8-10 y 8-11 (ítems a y b), en la quebrada Araqueda se observó que los valores de pH (8,33 y 8,44) y Mn (0,006 a 0,04175 mg/L) en el punto QAr2, se incrementaron en relación al punto QAr1 (ubicado aguas arriba del centro poblado Araqueda) que presentó un pH (6,2 y 8,31) y Mn (0,002 y 0,187 mg/L), siendo solo el pH del punto QAr2 (marzo-2018), que superó el rango establecido en los ECA para Agua-Cat3D2. Así mismo, al comparar con el punto SH-9/CAS1 (QAr1) de la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, se apreció comportamientos similares en las concentraciones de los metales.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, el tramo evaluado de la quebrada Araqueda (QAr1 y QAr2), donde se realizan actividades de agricultura del centro poblado Araqueda, presenta facies sulfatadas cálcicas. Por otro lado, según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad (pH neutro y ligeramente básico) con baja concentración de metales.

Respecto a las comunidades hidrobiológicas, en la quebrada Araqueda, la calidad ecológica varió desde aguas arriba HID-QAr1 (moderada-mala) hasta aguas abajo HID-QAr2 (mala-moderada), observándose que para la comunidad de



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

macroinvertebrados bentónicos en el punto HID-QAra2 hubo un incremento de taxa del orden Diptera (tolerante) y una disminución de los órdenes Ephemeroptera (*Baetodes* sp.) y Trichoptera (*Metrichia* sp.), indicadores de buena calidad de agua (Roldán, 1992); mientras que la riqueza y abundancia de la comunidad del perifiton fueron mayores en el punto HID-QAra1 (24 y 36 taxa) con respecto al punto HID-QAra2 (14 y 24 taxa). En este sentido, la ligera variación del pH (en relación con su basicidad) en el tramo evaluado, no perjudicaría la vida acuática, y como resultado se obtiene una alta estabilidad en el medio (Machado y Roldán, 1981).

En la quebrada La Colpa se observó que los valores de pH (6,5 y 8,27) y Mn (0,369 y 0,10678 mg/L) en el punto QCol1 disminuyeron en relación al punto QCol2, siendo el pH y Mn del QCol1 los que superaron los valores establecidos en los ECA para Agua-Cat3 (marzo-2018).

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, el tramo evaluado de la quebrada La Colpa (QCol1 y QCol2) presenta facies bicarbonatadas cálcicas. Por otro lado, según el diagrama de Ficklin clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad (pH ligeramente básico) con baja concentración de metales.

La concentración de As y Hg en el sedimento de la quebrada La Colpa (punto SED-QCol2) presentó concentraciones que superaron el valor ISQG de la CEQG, con respecto al punto ubicado aguas arriba del sector La Colpa (SED-QCol1).

Marrugo *et al.*, 2006, menciona que el mercurio en los sedimentos puede provenir de la erosión de rocas y suelos, y la actividad volcánica, las que pueden introducir pequeñas cantidades en la atmósfera, donde se transforma en otras formas de mercurio que pueden ser transportadas al agua y los sedimentos por la lluvia. Otras posibles fuentes, pero menos relacionada al tramo evaluado, serían el uso de combustibles fósiles, abonos, fertilizantes y fungicidas y la disposición en los cauces de desechos sólidos como baterías, interruptores eléctricos, aparatos electrónicos y termómetros, entre otros (ATSDR, 1999).

Respecto a las comunidades hidrobiológicas, la riqueza y la abundancia de las comunidades del perifiton y de macroinvertebrados bentónicos tuvieron un comportamiento similar en los puntos HID-Col1 (15 y 21 taxa) y HID-Col2 (16 y 16 taxa), para macroinvertebrados bentónicos, siendo las especies más dominantes *Baetodes* sp. y *Nectopsyche* sp.; de igual forma, la calidad ecológica fue «buena» en el tramo evaluado.

8.3. Zona III: Subcuenca del río Condebamba

La distribución de los puntos de muestreo en esta zona fue: 6 puntos de calidad de agua y sedimentos (3 en el río Condebamba, 1 en el río Chimín, 1 en el río Urupuyo y 1 en la quebrada Lanla); y para las comunidades hidrobiológicas se evaluaron 5 puntos de muestreo (2 en el río Condebamba, 1 en el río Chimín, 1 en el río Urupuyo y 1 en la quebrada Lanla). Cabe señalar, que algunos puntos fueron muestreados solo una vez.

Los parámetros que superaron los ECA para Agua-Cat3 en esta subcuenca se muestran en la Figura 8-12. Los metales totales en sedimentos que superaron referencialmente los valores establecidos en la norma canadiense en esta subcuenca se muestran en la Figura 8-13.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

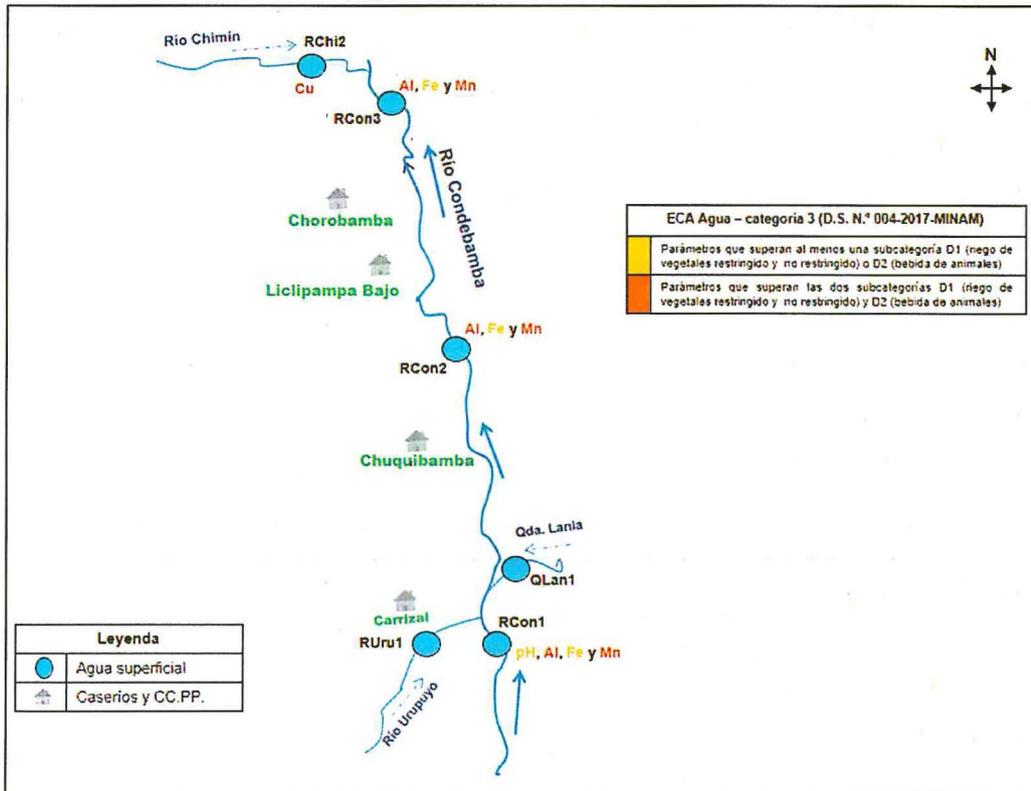


Figura 8-12. Parámetros que superaron los ECA Agua – categoría 3, en la subcuenca Condebamba

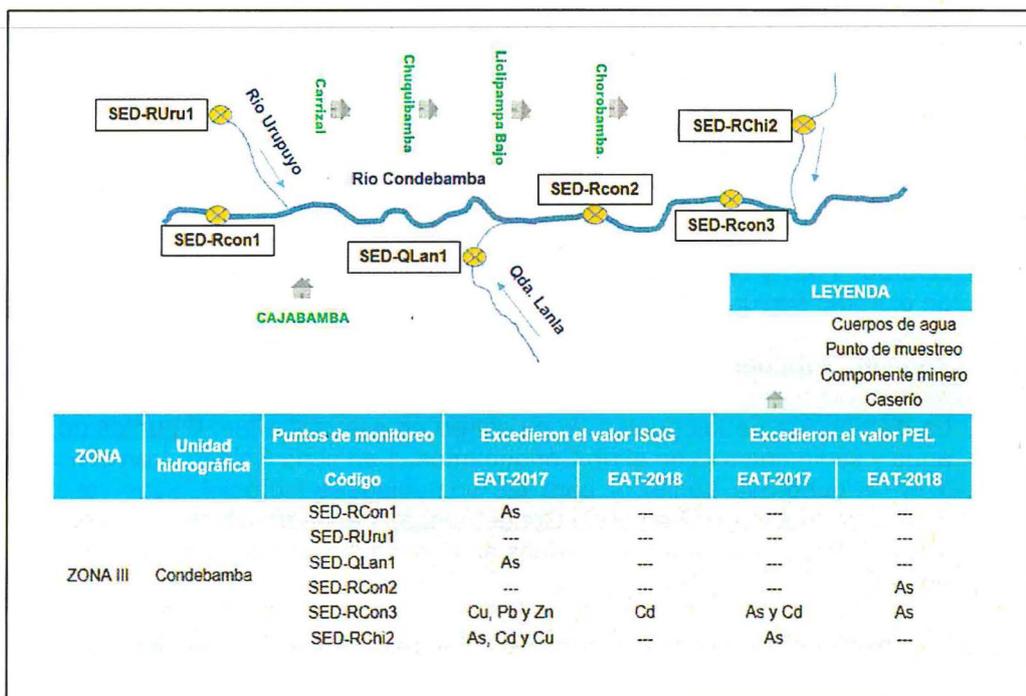


Figura 8-13. Distribución de los puntos de sedimento y metales que superan referencialmente la CEQG en la subcuenca del río Condebamba.



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

La UM Shahuindo, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tiene puntos de muestreo en la subcuenca Condebamba, que en algunos casos coinciden o están próximos a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-3).

Tabla 8-3. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – zona III

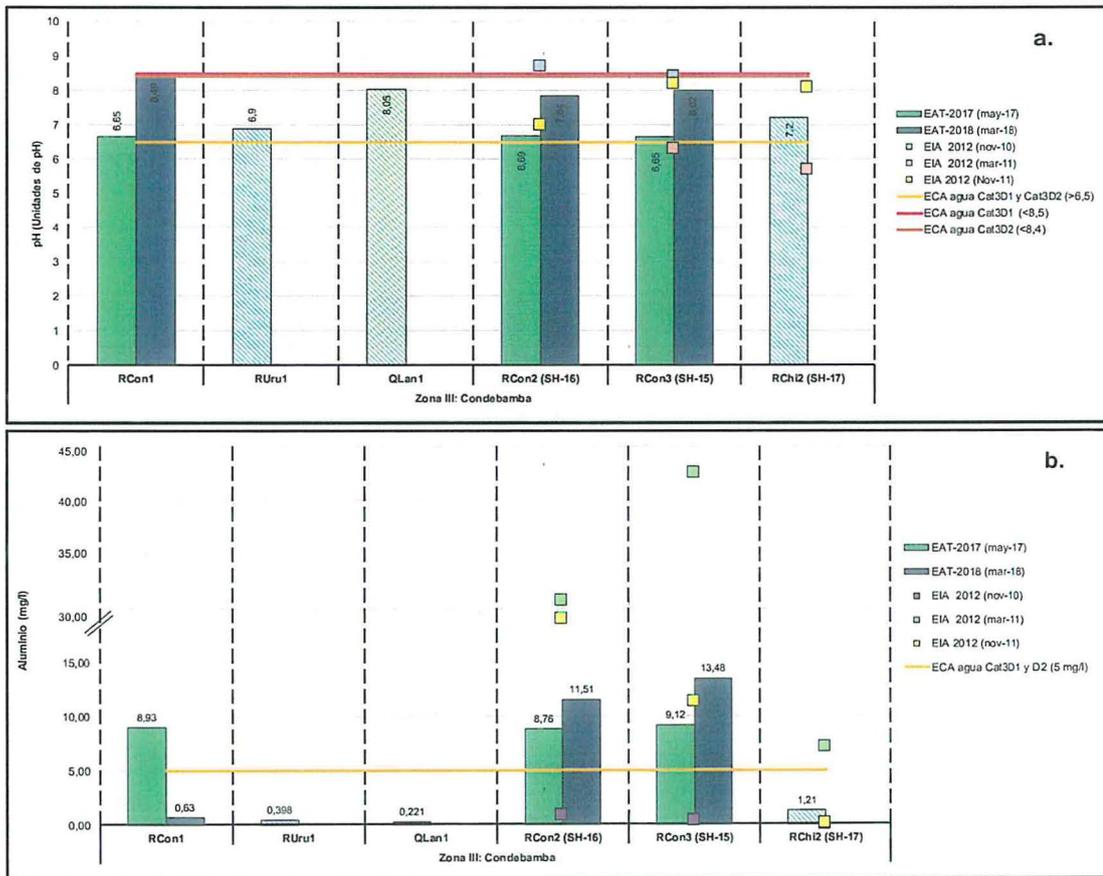
Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental
	Línea de Base Ambiental
RCon1	-
RCon2	SH-16
RCon3	SH-15
RChi2	SH-17
RUru1	-
QLan1	-

«-»: Punto no evaluado en los IGA del administrado

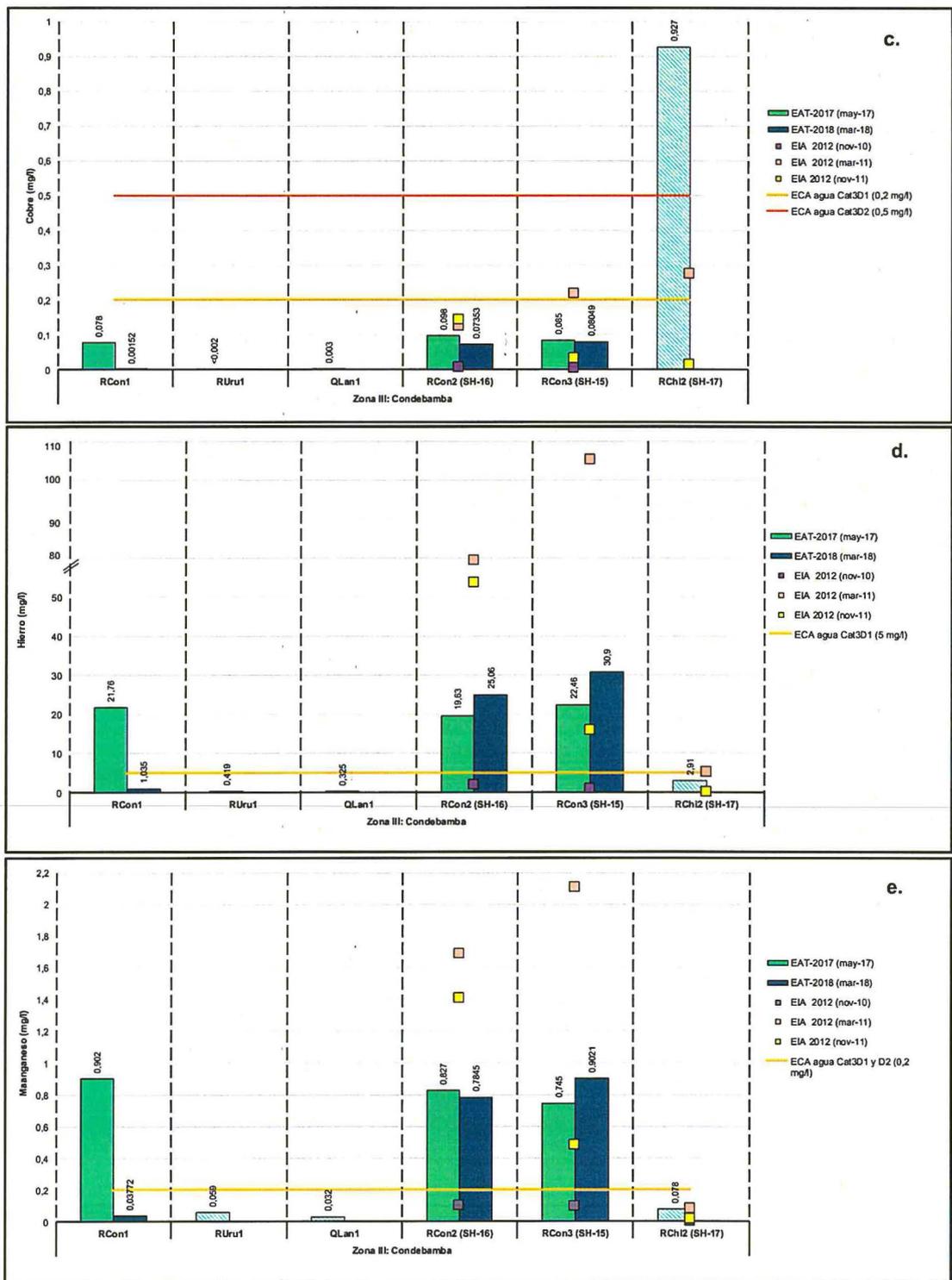
Con la finalidad de analizar la variación en el tiempo de los resultados de OEFA, se compararon con los resultados mostrados en los IGA y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo, tal como se observa en la Figura 8-14.



J
f
cy
SA



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



J

ST

Figura 8-14. Comparación de los resultados de a) pH, b) Al, c) Cu, d) Fe y e) Mn del OEFA con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo durante los años 2010, 2011, 2017 y 2018

Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012 del administrado y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de
Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Como se puede apreciar en las Figuras 8-12, 8-13 y 8-14 (ítems a, b, c, d y e) para pH y los metales Al, Cu, Fe y Mn total evidenciaron que en el tramo evaluado del río Condebamba y aportantes presentaron las siguientes características:

En el tramo evaluado del río Condebamba (Rcon1; RCon2 y RCon3) en mayo-2017 se apreció que los tributarios, como el río Urupuyo (RUru1), quebrada Lanla (QLan1) y río Chimín (RChi2) no influyeron en su calidad, debido a que no presentó cambios en los valores de pH (6,65 - 6,69) y concentraciones de metales Al (8,76 - 9,12 mg/L), Fe (19,63 - 22,46 mg/L) y Mn (0,745 - 0,902 mg/L); siendo los metales Al, Fe y Mn los que superaron los ECA para Agua-Cat3. Así mismo, en marzo-2018, estos metales mencionados fueron mayores a los reportados en mayo-2017, a excepción del punto RCon1. Estos incrementos en las concentraciones de los metales estarían asociado a la escorrentía del suelo en periodos de lluvia, lo cual se corrobora con la predominancia de los metales asociados a sólidos suspendidos.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, el punto RCon1 presenta facies sulfatadas cálcicas, sin embargo, en el tramo evaluado comprendido entre el punto RCon2 y RCon3 presenta facies bicarbonatadas cálcicas. Mientras que según el diagrama de Ficklin los puntos evaluados en el río Condebamba (RCon1, RCon2 y Rcon3), clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad y baja concentración de metales.

La concentración de As en el sedimento del punto SED-RCon3 se incrementó hasta superar referencialmente el valor PEL de la CEQG, con respecto a los puntos ubicados aguas arriba (SED-RCon1 y SED-RCon2), debido a la disminución de la velocidad del flujo y a la densa vegetación ribereña, que le dan condiciones para que los sólidos suspendidos sedimenten en el lecho. Así mismo, Ramírez *et. al.* (2005), menciona que los principales procesos naturales que movilizan sedimentos con las corrientes son la erosión del cauce del río y otros procesos relacionados con los sedimentos superficiales; por tanto, las barreras naturales o antropogénicas que impiden o disminuyen el flujo de estos procesos, sirven como una "red" de metales traza en sedimentos.

Las comunidades hidrobiológicas encontradas en el tramo evaluado del río Condebamba en los puntos HID-RCon1 y HID-RCon3 presentaron bajos valores de riqueza y abundancia de las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos, así como una «pésima» calidad ecológica. La riqueza de la comunidad del perifiton en el punto HID-RCon1 (5 y 33 taxa) y en el punto HID-RCon3 fue de (6 y 9 taxa). Respecto a la riqueza de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos en el punto HID-RCon1 (2 y 2 taxa), mientras que en el punto HID-RCon3 (2 y 3 taxa).

En este sentido, el tramo evaluado del río Condebamba presentan una red de pequeños canales separados por islas pequeñas con vegetación y alta carga sedimentaria, las cuales originan ambientes acuáticos anastomosados (Figura 8-17), favoreciendo a la formación de diversos tipos de ambientes y mesohábitats para la colonización y permanencia de las comunidades acuáticas, la calidad fisicoquímica del agua, la atmósfera y el medio terrestre que los rodea (Roldán & Ramírez, 2008). Además, García *et. al.* (2007), indica que, en los últimos años, estos ecosistemas han sido sometidos a numerosas perturbaciones causadas por las actividades humanas; siendo la deforestación, las canteras, entre otras, sus fuentes de perturbación y la principal causa de cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas.

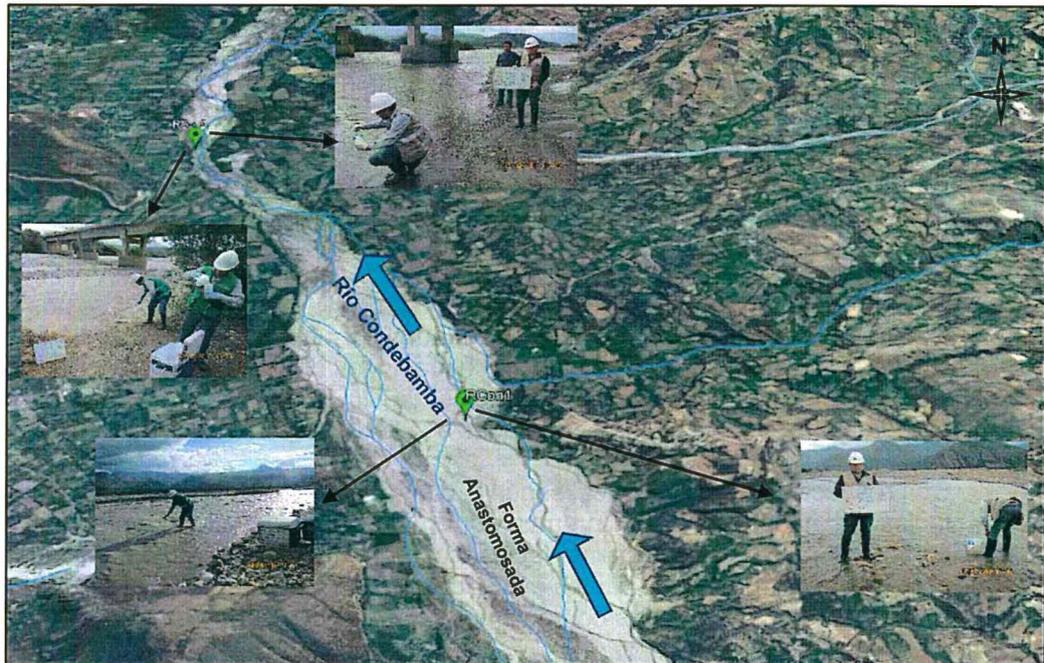


Figura 8-15. Vista satelital del tramo evaluado del río Condebamba
Fuente: Google Earth, 2018

Respecto a los aportantes RUru1, QLa1 y RChi2. Los puntos RUru1 (ubicado en el río Urupuyo) y QLa1 (quebrada Lanla), presentaron concentraciones que no superaron los ECA para Agua-Cat3, a excepción de la concentración de Cu (0,927 mg/L) en el punto RChi2 que superó dicho estándar. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presentan facies bicarbonatadas cálcicas. Mientras que según el diagrama de Ficklin, clasifican sus aguas como cercanas a la neutralidad y baja concentración de metales. Por otro lado, en el sedimento la concentración de As en el punto SED-QLa1 y las concentraciones As, Cd y Cu en el punto SED-RChi2 superaron referencialmente el valor ISQG de la CEQG.

8.4. Zona IV: microcuenca del río Cañarís

Según el inventario de pasivos ambientales del EIA 2012, la zona colindante al río Cañarís presenta infraestructura (planta concentradora y central hidroeléctrica), pilas de desmonte, relaves y una bocamina con drenaje llamada «Nivel 5», perteneciente a la ex-Mina Algamarca. El ancho de la bocamina es de 2 m y su altura es de 1,5 m, la bocamina se encuentra abierta y presenta efluente, el cual es descargado en el río Cañarís. El desmonte y el relave se encuentran totalmente expuestos al ambiente. El relave (SED-REL-ALG) se encuentra aledaño al río Cañarís, tanto en el lado este como el oeste (frente al punto RCañ2). Estos pasivos (relaves) se encuentran inventariados en la Lista de Pasivos Ambientales Mineros del MINEM (Resolución Directoral n.º 224-2018/MEM/DM), identificándolos con los códigos 8341, 8342 y 8343.

La distribución de los puntos en esta zona fue: 5 puntos de calidad de agua (2 en el río Cañarís, 1 en la quebrada Tranca El Agua, 1 en la quebrada Caipuro y 1 en un manantial) y un punto de efluente (ubicado en la bocamina nivel 5, propiedad de la Sociedad Minera Risco S.A. – ex mina Algamarca). En sedimentos 4 puntos de muestreo (2 en el río Cañarís, 1 en la quebrada Tranca El Agua, 1 en la quebrada Caipuro y 1 en un relave considerado pasivo ambiental por el Minem) y para

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

comunidades hidrobiológicas se evaluaron 4 puntos de muestreo (2 en el río Cañarís, 1 en la quebrada Tranca El Agua y 1 en la quebrada Caipuro).

Los parámetros que superaron los ECA para Agua-Cat3 en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-16; para los casos de los manantiales y efluentes, la comparación es referencial. Los metales totales en sedimentos que superaron referencialmente los valores establecidos en la norma canadiense en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-17.

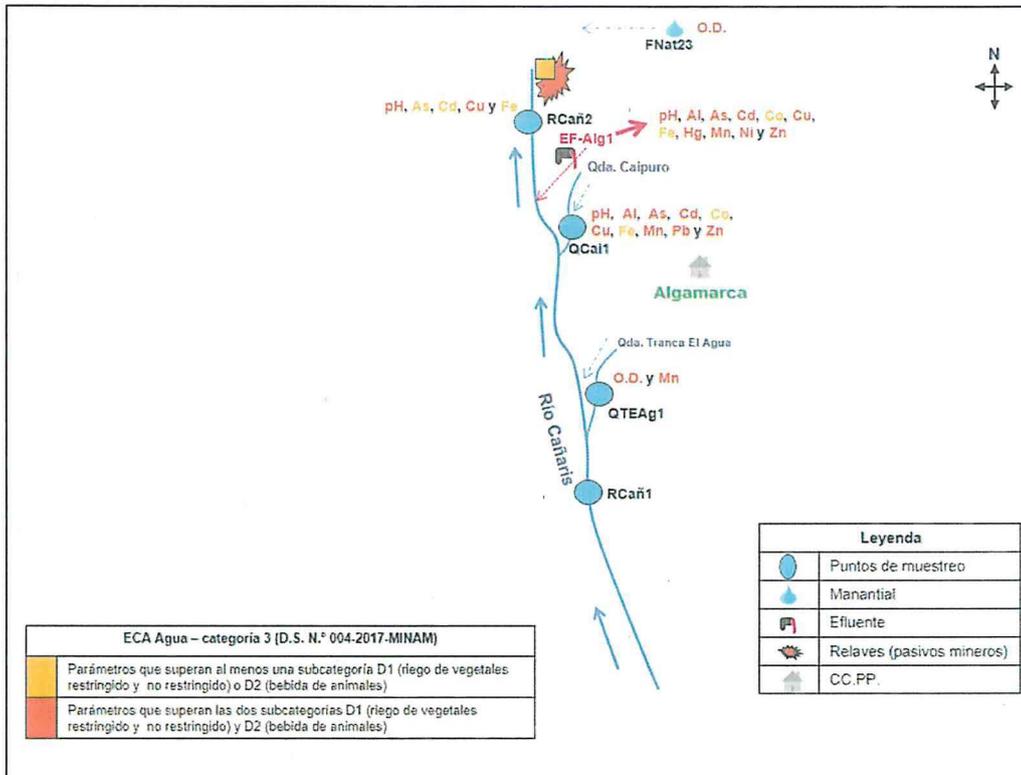


Figura 8-16. Parámetros que superaron los ECA Agua – categoría 3, en la microcuenca Cañarís



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'y' and a signature that appears to be 'A'.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

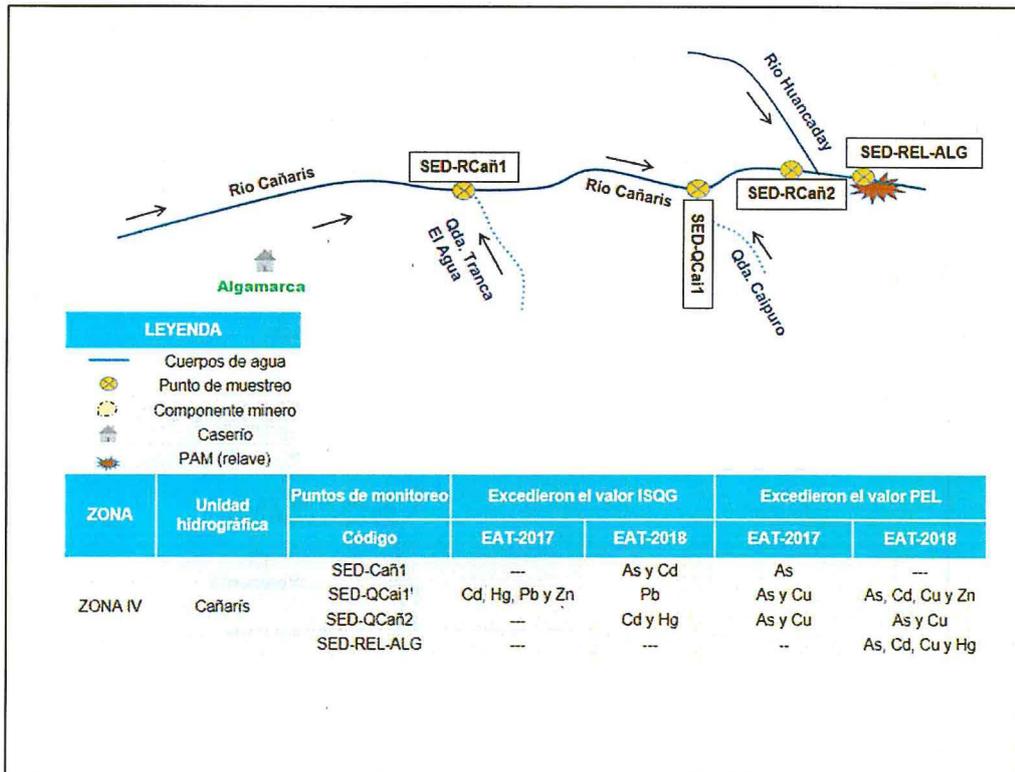


Figura 8-17. Distribución de los puntos de sedimento y metales que superan referencialmente la CEQG en la microcuenca Cañaris

La UM Shahuindo, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tiene puntos de muestreo en la microcuenca Cañaris, que en algunos casos coinciden o están próximos a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-1).

Tabla 8-4. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – zona IV

Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental
	Línea de Base Ambiental
RCañ1	SH-03
RCañ2	-
QTEAg1	SH-02
QCai1	-
EF-Alg1	B-12
FNat23	M-25

«-»: Punto no evaluado en los IGA del administrado

Con la finalidad de analizar la variación en el tiempo de los resultados de OEFA, se compararon con los resultados mostrados en los IGA y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo, tal como se observa en las Figura 8-19.



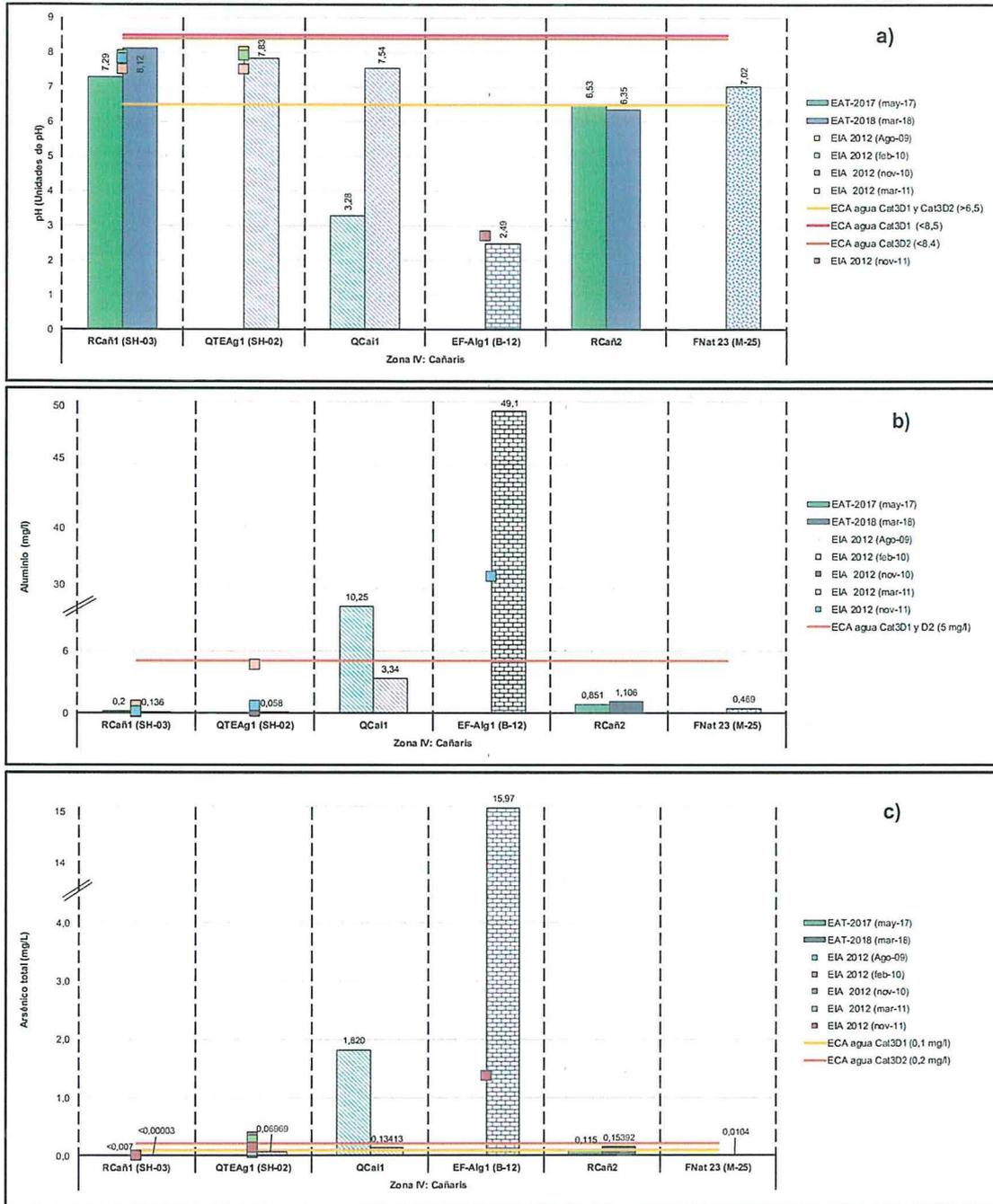
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

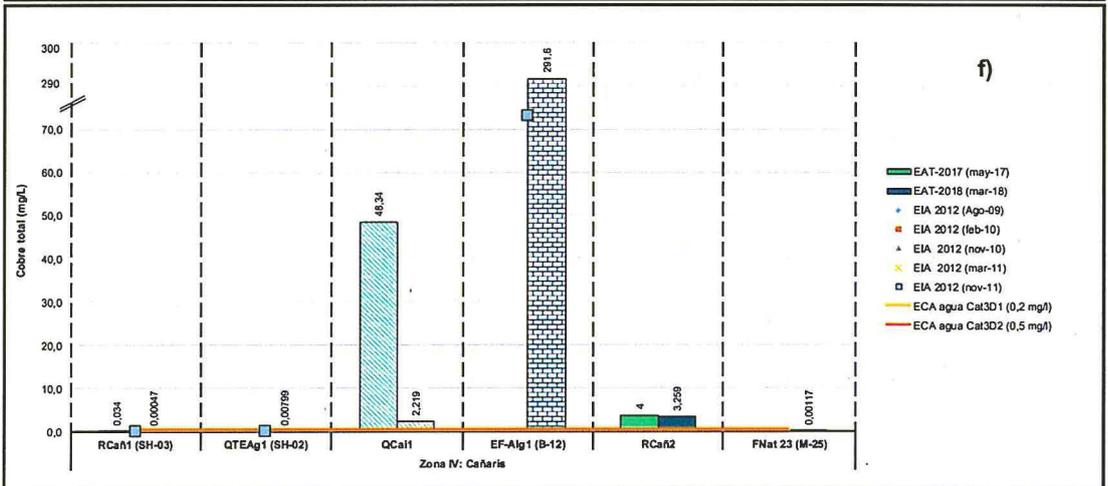
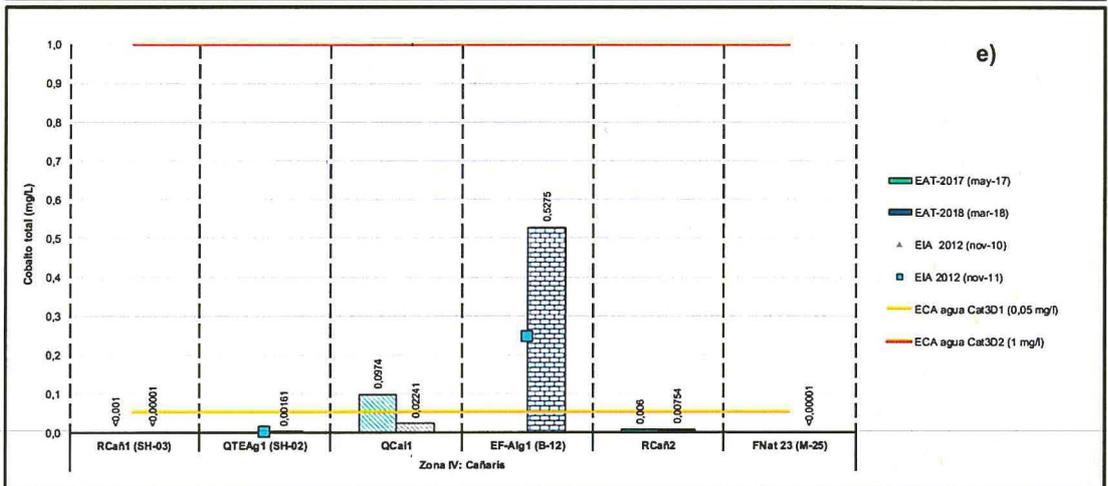
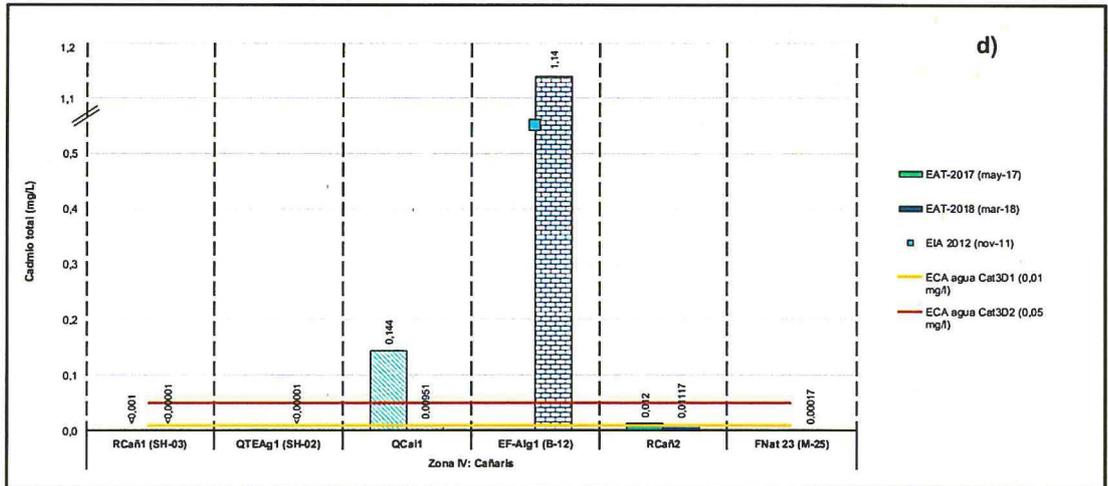
Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



Handwritten signatures and dates in blue ink.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



Handwritten blue ink mark, possibly initials 'J' with an arrow pointing upwards.

Handwritten blue ink mark, possibly initials 'f'.

Handwritten blue ink marks, possibly initials 'cy' and 'A'.



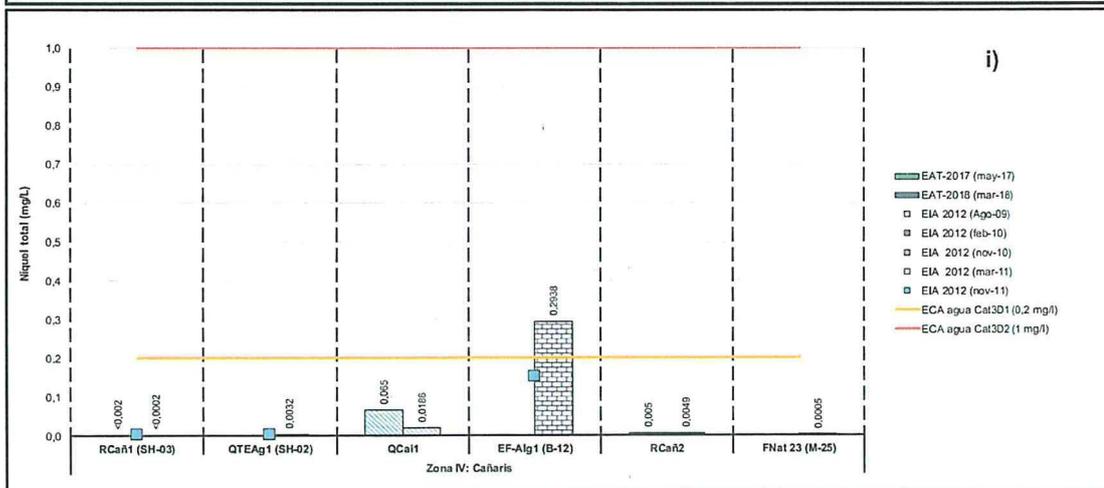
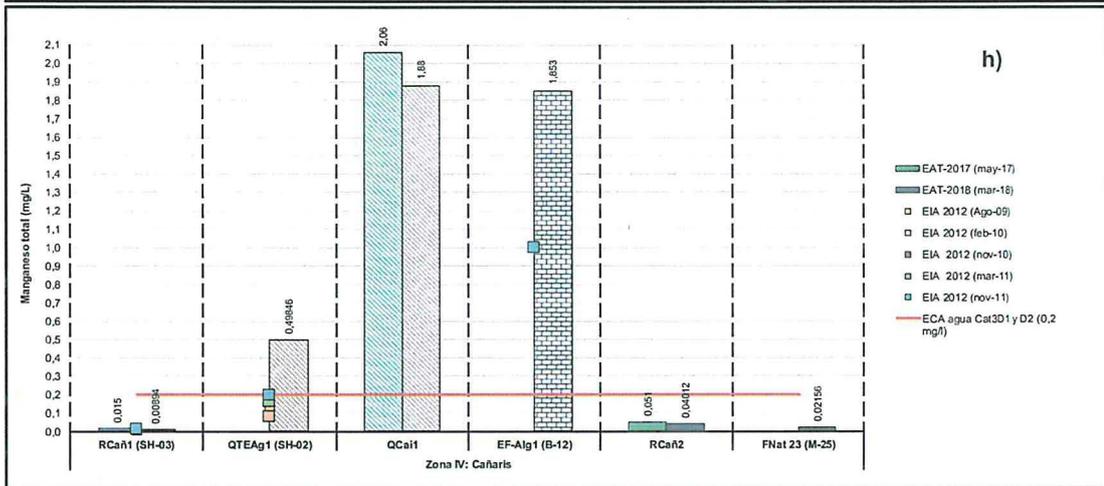
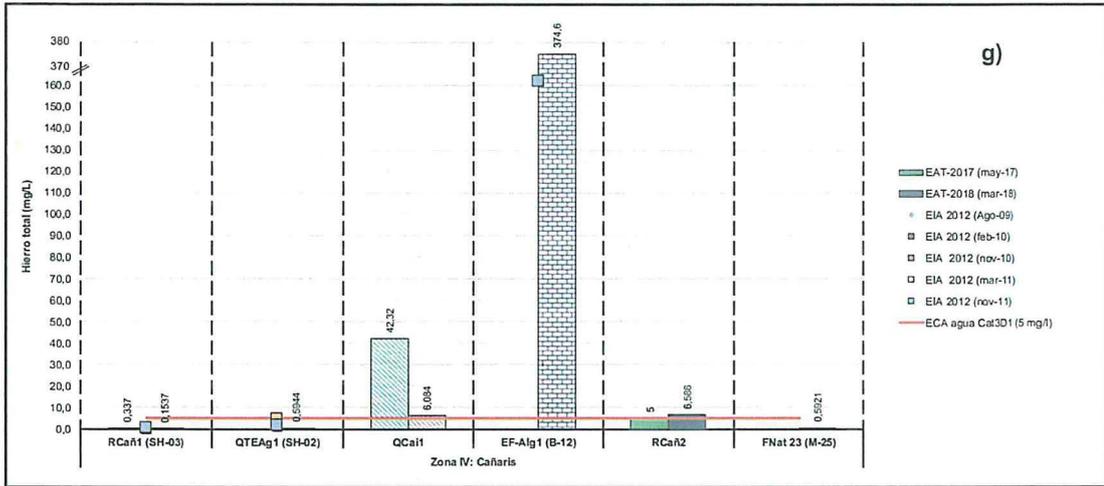
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

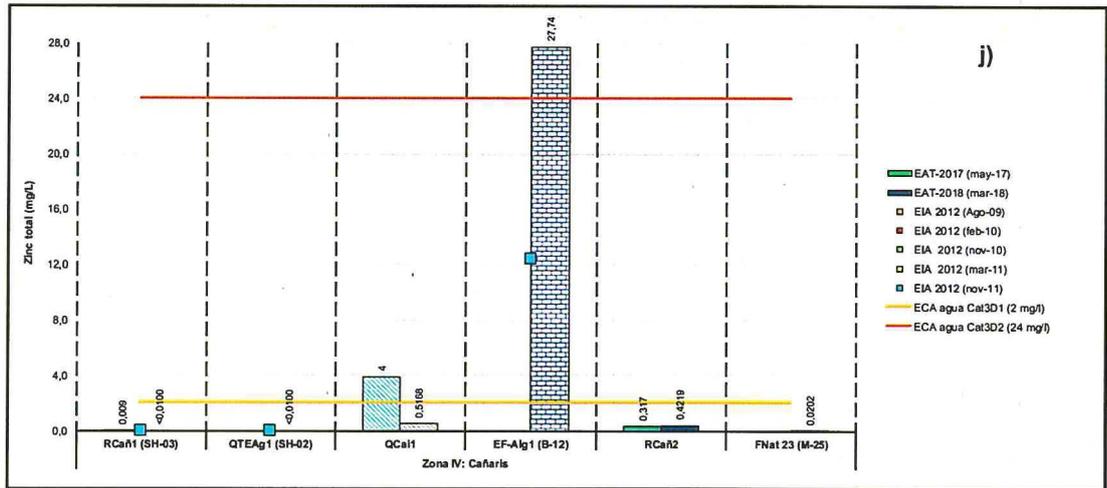


Figura 8-18. Comparación de los resultados de a) pH, b) Al, c) As, d) Cd, e) Co, f) Cu, g) Fe, h) Mn, i) Ni y j) Zn del OEFA con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo durante los años 2009, 2010, 2011, 2017 y 2018

Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012 del administrado y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA



Como se puede apreciar en las Figuras 8-16, 8-17 y 8-18 (ítems a, b, c, d, e, f, g, h, i y j) para pH y los metales Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn total evidenciaron que en el tramo evaluado del río Cañaris y aportantes presentan las siguientes características:

El punto Rcañ2, ubicado aguas abajo del efluente EF-Alg1 y del punto QCai1, presentó una disminución del pH (6,53 y 6,35) y un incremento en las concentraciones de metales en relación al punto ubicado aguas arriba (Rcañ1), siendo el As (0,115 y 0,15392 mg/L), Cd (0,012 y 0,01117 mg/L), Cu (3,59 y 3,259 mg/L) y Fe (4,77 y 6,586 mg/L), los que superaron los ECA para Agua-Cat3 en mayo-2017 y marzo-2018; a excepción del pH y Fe, que solo incumplieron el estándar en mención en marzo-2018; esta condición se debe al aporte de la quebrada Caipuro (QCai1) y del efluente de la bocamina «Nivel 5» (EF-Alg1), que presentaron pH ácidos y elevadas concentraciones de metales.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper y Ficklin, el punto Rcañ1 presenta facies bicarbonatadas cálcicas y aguas como cercanas a la neutralidad (pH ligeramente ácido) con baja concentración de metales. Sin embargo, los aportes de la quebrada Caipuro (facies sulfatadas cálcicas) y el efluente de la bocamina «Nivel 5» (facies hipersulfatadas cálcicas), cambiaron las facies en el punto Rcañ2, de bicarbonatada cálcica a sulfatada cálcica, mientras que sus aguas (Ficklin) se mantienen cercanas a la neutralidad (pH ligeramente ácido), pero con alta concentración de metales.

La concentración de As y Cu en el sedimento del punto SED-Rcañ2 se incrementó hasta superar referencialmente el valor PEL de la CEQG, con respecto al punto SED-Rcañ1, ubicado aguas arriba de la quebrada Caipuro y el efluente de la bocamina «Nivel 5». Por otro lado, aguas abajo del punto SED-Rcañ2, se encuentra el pasivo SED-REL-ALG (relave), que presentó elevadas concentraciones de As, cd, Cu, Hg, entre otros (Figura 8-19).

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

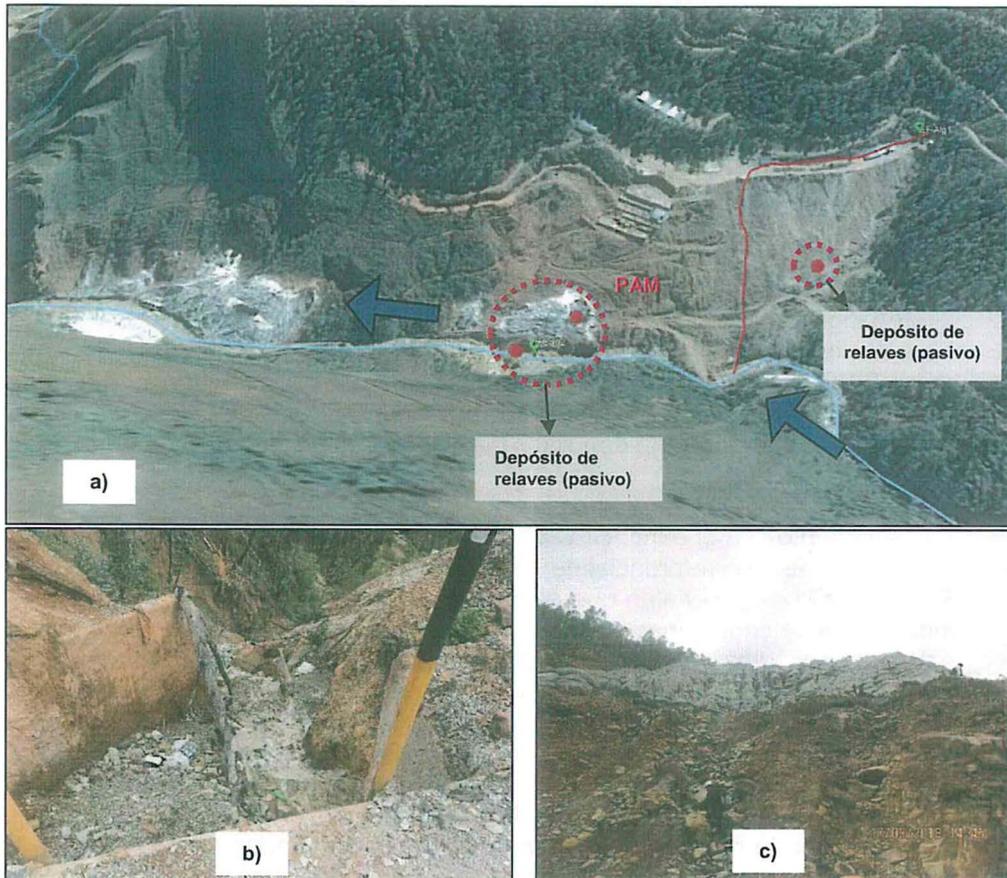


Figura 8-19. a) Vista satelital de los pasivos ambientales mineros en el río Cañaris (margen derecho) y efluente minero, b y c) depósito de relaves (pasivo)

Sobre las comunidades hidrobiológicas evaluadas en el tramo del río Cañaris, el punto HID-RCañ1 registró una considerable disminución, respecto al punto HID-RCañ2, en los valores de abundancia y riqueza en las comunidades de perifiton de 25 y 28 taxa a 3 y 4 taxa, destacándose los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria; y en macroinvertebrados bentónicos de 10 y 13 taxa a 7 y 7 taxa, resaltando la presencia de *Baetodis* sp. y *Andesiops* sp. (orden Ephemeroptera) solo en el punto HID-RCañ1, ambos indicadores de buena calidad de agua por encontrarse mayormente en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas (Roldán, 1992).

Dichos cambios se deberían a las actividades mineras artesanales y a los pasivos ambientales existentes en la zona de Algamarca. Las características ligeramente ácidas en el punto HID-RCañ2 estarían generando estrés en los macroinvertebrados bentónicos por lo que se evidenciaría una disminución del número de taxa (tal es el caso de los Ephemeropteros). Por último, la riqueza del orden Diptera se mantuvo constante en el tramo evaluado del río Cañaris, por su amplio rango de distribución, ya que es un grupo muy diversificado, con múltiples estrategias de alimentación y con adaptaciones a diferentes factores ambientales (Merritt *et al.* 2008 y Domínguez *et al.* 2009).

Respecto a los tributarios, el punto QTEAg1, ubicado en la quebrada Tranca El Agua, presentó una concentración del Mn (0,49846 mg/L) que superó los ECA para Agua-Cat3. Además, según Piper la caracterización hidroquímica presenta facies bicarbonatadas cálcicas. Así mismo, según el diagrama de Ficklin clasifica como

cercanos a la neutralidad con baja concentración de metales. Al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, presentó características similares, apreciándose ligeros incrementos de las concentraciones de los metales solo en épocas de lluvia, lo cual se corrobora con la predominancia de los metales asociados a sólidos suspendidos.

El siguiente tributario es la quebrada Caipuro (QCai1), la que presentó valores de pH (3,24 y 7,54) y concentraciones de Al (10,25 y 3,34 mg/L), As (1,82 y 0,13413 mg/L), Cd (0,144 y 0,00951 mg/L), Co (0,0914 y 0,02241 mg/L), Cu (48,34 y 2,219 mg/L), Fe (6,084 y 42,32 mg/L), Mn (2,06 y 1,88 mg/L), Pb (0,073 y 0,0097 mg/L) y Zn (3,88 y 0,5168 mg/L), que superaron los ECA para Agua-Cat3, siendo los metales As, Cd, Cu, Fe y Mn los que superaron en ambos periodos; mientras el pH, Al, Pb, Zn solo en mayo-2017 y Co solo en marzo-2018 superaron el estándar referido. Además, según Piper la caracterización hidroquímica, presenta facies bicarbonatadas cálcicas. Así mismo, según el diagrama de Ficklin clasifica como ácidas con alta concentración de metales.

Los sedimentos en el punto SED-QCai1 presentaron concentraciones de As, Cd, Co y Zn que superaron referencialmente el valor PEL de la CEQG. Al respecto, González & Ramírez (1995), señalan que el cobalto junto con el cadmio y el zinc son buenos indicadores de contaminación antropogénica, debido a que sus concentraciones en el ambiente son reflejo de las actividades mineras. Dada las actividades de minería artesanal en la zona de Algamarca, estas podrían dar lugar a fenómenos de remoción y ser transportados en las quebradas, lo que aumentaría la turbidez de esta, e incrementaría el contenido metálico de los sedimentos (Oyarzun, 2011).

En relación a las comunidades hidrobiológicas, en el punto HID-QCai1, presentó valores bajos de riqueza y abundancia en las comunidades de perifiton (3 y 4 taxa), destacando los phyla Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta; y en macroinvertebrados bentónicos (5 y 3 taxa), resaltando la presencia de *Collembola* sp., *Simullun* sp. y *Cricotopus* sp.

Por otro lado, el efluente EF-Alg1, ubicado en la bocamina «Nivel 5», presentó pH (2,49), concentraciones de SST (214 mg/L) y de As (15,97 mg/L), Cd (1,14 mg/L), Cu (291,6 mg/L), Zn (27,74 mg/L) y Fe disuelto (458,9 mg/L), que superaron los valores establecidos en los LMP (Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM) de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas. Además, según Piper presenta facies hipersulfatadas cálcicas. Así mismo, según el diagrama de Ficklin clasifica como altamente ácidas con extrema concentración de metales.

Con respecto al manantial FNat23, los parámetros evaluados cumplieron referencialmente los ECA para Agua-Cat3, a excepción del oxígeno disuelto (4,2 mg/L) que superó referencialmente este estándar. Además, según el diagrama de Piper, la caracterización hidroquímica presenta facies bicarbonatadas cálcicas. Así mismo, según el diagrama de Ficklin, clasifica como cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

8.5. Zona V: Microcuenca de la quebrada El Pacae

La quebrada El Pacae se forma por la confluencia de las quebradas El Sauce y Los Merinos. En su margen izquierda se ubican las quebradas Higuera y Contrahierba, las que no confluyen con la quebrada El Pacae, debido a que estas tres quebradas son captadas para riego. Esta microcuenca tiene una extensión de 18 km², con altitudes que varían desde 3150 m s.n.m. hasta los 2100 m s.n.m. en su punto más bajo.



Las principales instalaciones de la UM Shahuindo se encuentran en la parte alta de esta microcuenca: en las quebradas Sauce e Higuierón se ubica el *pad* de lixiviación; en la quebrada Los Merinos, el depósito de material excedente sur y depósito de material inadecuado; en la parte alta de la quebrada Contrahierba se encuentra el *stockpile*. Mientras que en las quebradas Shahuindo (Zona I), Higuierón (Zona V) y Shingomate (Zona VII) se ubica el tajo. Según el EIA del proyecto "Shahuindo"³⁸, estas quebradas presentan las siguientes características.

La quebrada Los Merinos tiene una extensión de 4,5 km², su eje principal tiene una dirección este-noreste y una longitud aproximada de 4,4 km y una pendiente promedio de 19%. La quebrada El Sauce tiene una extensión de 1,6 km², su eje principal tiene una dirección este-noreste y una longitud aproximada de 3,0 km y una pendiente promedio de 20%; y la quebrada Higuierón tiene una extensión de 4,0 km², su eje principal tiene una dirección noroeste-sureste y una longitud aproximada de 4,4 km y una pendiente promedio de 16%.

En esta microcuenca se evaluaron 12 puntos de calidad de agua, los que se distribuyeron de la siguiente manera: 1 en la quebrada Sin nombre 3, 1 en la quebrada El Pacae, 1 en la quebrada Sauce, 4 en la quebrada Los Merinos, 1 en la quebrada Higuierón, 1 en la quebrada Contrahierba y 3 en manantiales, además de 1 piezómetro. Mientras que en sedimentos se evaluaron 7 puntos: 1 en la quebrada Sin nombre 3, 1 en la quebrada El Pacae, 1 en la quebrada Sauce, 2 en la quebrada Los Merinos, 1 en la quebrada Higuierón y 1 en la quebrada Contrahierba. Y para comunidades hidrobiológicas se evaluaron 9 puntos de muestreo: 1 en la quebrada El Pacae, 1 en la quebrada Sauce, 3 en la quebrada Los Merinos, 1 en la quebrada Higuierón, 1 en la quebrada Contrahierba y 2 en manantiales. Cabe señalar, que algunos puntos fueron muestreados solo una vez.

Los parámetros que superaron los ECA para Agua-Cat3 en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-20. Para los casos del agua subterránea del piezómetro y los manantiales, la comparación es referencial. Los metales totales en sedimentos que superaron referencialmente los valores establecidos en la norma canadiense en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-21.



J

J

W
S

³⁸

Capítulo 2 (Descripción del entorno del proyecto) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Shahuindo, aprobado el 10 de setiembre de 2013 mediante Resolución Directoral N.º 339-2013-MEM/AAM

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

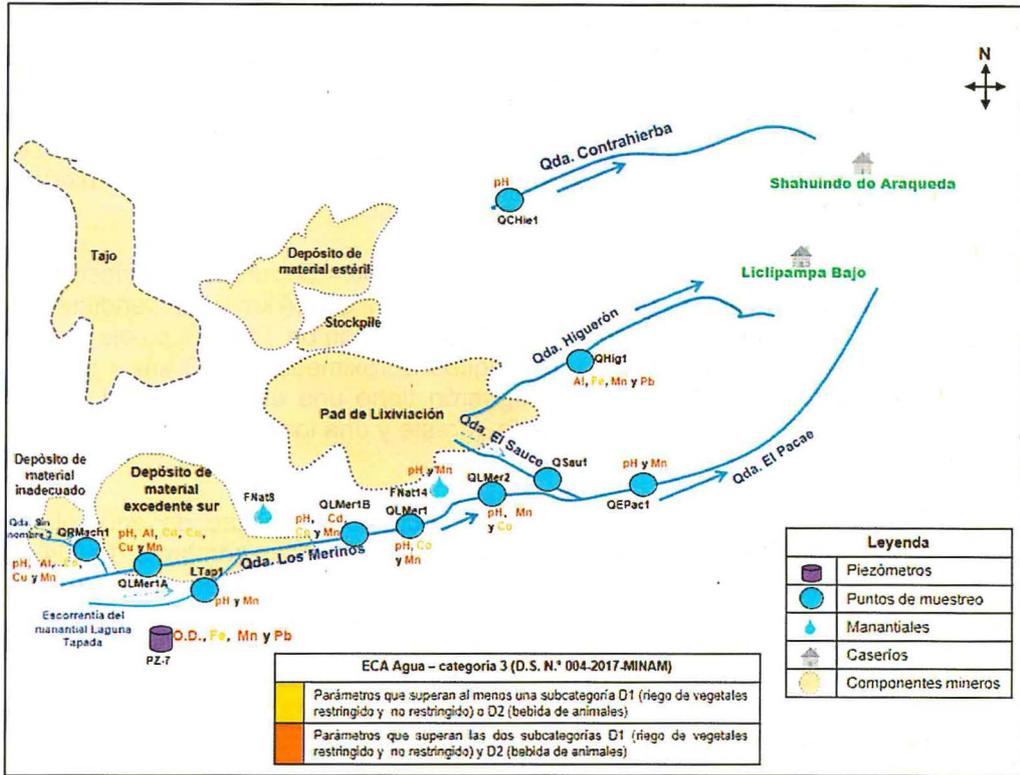


Figura 8-20. Parámetros que superaron los ECA Agua – categoría 3, en la microcuenca El Pacae

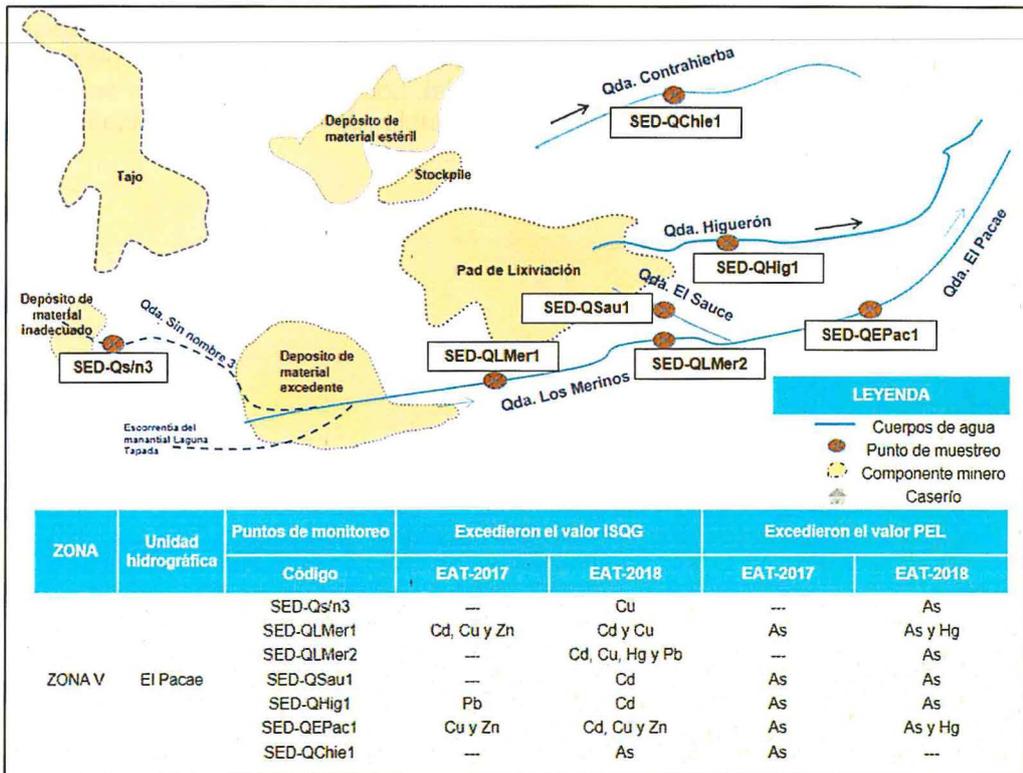


Figura 8-21. Distribución de los puntos de sedimento y metales que superan referencialmente la CEQG en la microcuenca El Pacae



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

La UM Shahuindo, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tiene puntos de muestreo en la microcuenca El Pacae, que en algunos casos coinciden o están próximos a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-5).

Tabla 8-5. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – zona.V

Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental			
	Línea de Base Ambiental	Reporte monitoreo 2013 - 2014	EIAAsd 2017	Reporte monitoreo 2017
QRMach1	-	-	-	-
QLMer1A	SH-3	-	CA-01	-
LTap1	-	-	-	-
QLMer1B	SH-4	-	-	-
QLMer1	-	-	-	-
QLMer2	SH-12	-	AG-2	SH-5
QSau1	SH-13	-	SH-2	SH-2
QHig1	SH-04	-	SH-37	AG-01 / SH-01
QEPac1	-	-	SH-6	CA-02
QCHie1	-	-	SH-12	-
FNat8	-	-	UA-12	-
FNat14	-	-	-	-
PZ-7	PZ-7	-	-	-

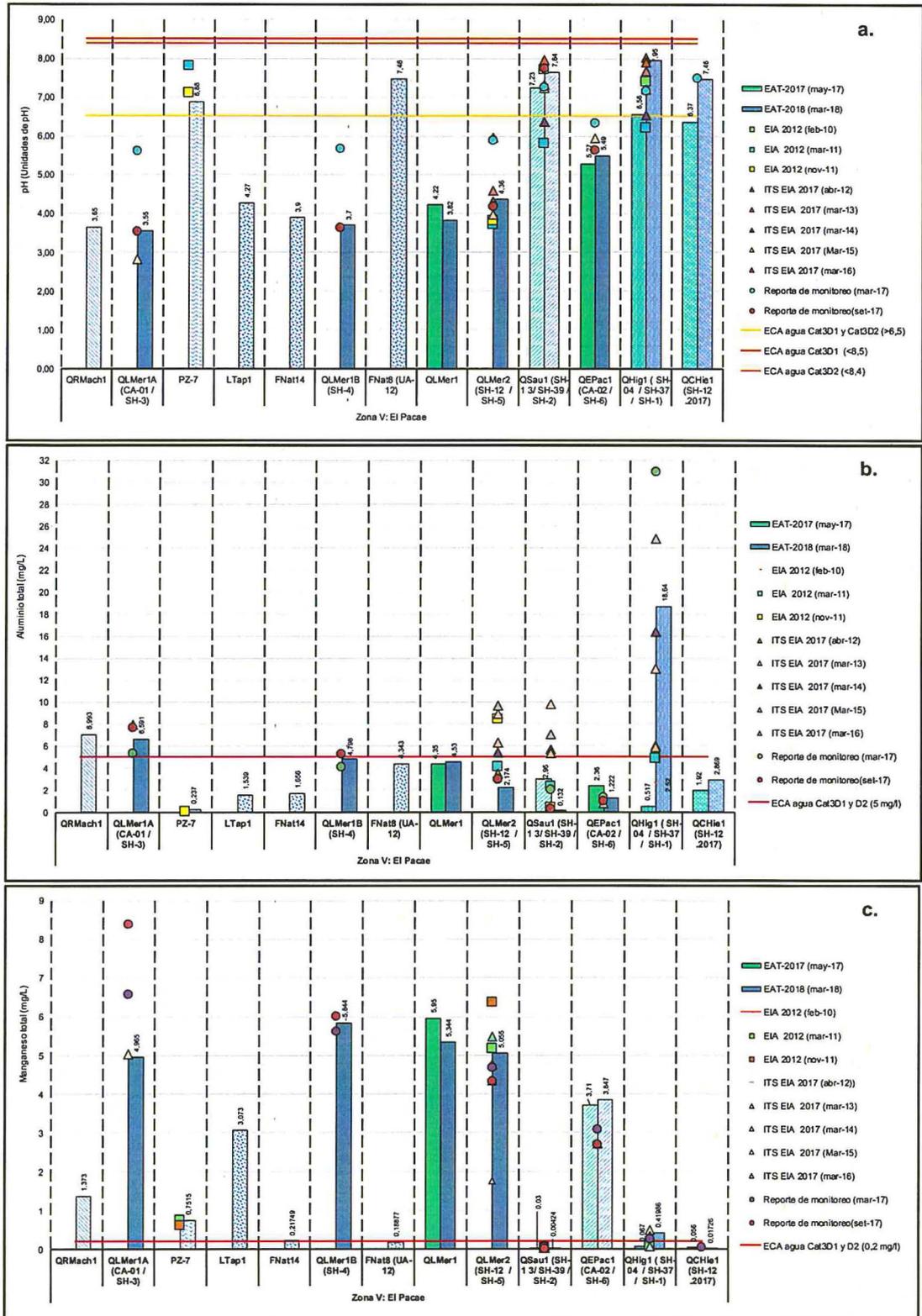
«-»: Punto no evaluado en los IGA del administrado

Con la finalidad de analizar la variación en el tiempo de los resultados de OEFA, se compararon con los resultados mostrados en los IGA y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo, tal como se observa en la Figura 8-22.



Handwritten signatures and initials in blue ink.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



Handwritten blue ink marks, including an upward-pointing arrow and a signature.

Handwritten blue ink initials 'cy' and 'ST'.

Figura 8-22. Comparación de los resultados de a) pH, b) Al y c) Mn del OEFA con la línea de base y datos históricos de la UM. Shahuindo durante los años 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017 y 2018

Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012, EIA 2017, reportes de monitoreo mensuales (marzo y setiembre de 2017) del administrado y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Como se puede apreciar en la Figuras 8-20, 8-21 y 8-22 (ítems a, b y c) para el tramo evaluado de la quebrada Los Merinos, El Pacae y aportantes, se puede apreciar:

En el tramo evaluado de la quebrada Los Merinos desde su naciente hasta antes de la confluencia con la quebrada Sauce (QLMer1A, QLMer1B, QLMer1 y QLMer2) en marzo-2018, los valores de pH se incrementaron (3,55; 3,7; 3,82; 4,36) y disminuyeron las concentraciones de Al (6,993; 4,798; 4,53; 2,174 mg/L), Cd (0,01679; 0,01008; 0,00914; 0,00795 mg/L), Co (0,09451; 0,07437; 0,06806; 0,05697 mg/L) y Cu (0,23908; 0,11402; 0,10277; 0,05889 mg/L), a excepción del Mn (4,965; 5,844; 5,344; 5,05 mg/L), siendo pH, Co y Mn los que superaron los ECA para Agua-Cat3 en todos los puntos, mientras que Al, Cd y Cu superó este estándar solo en los puntos QLMer1A y QLMer1B. Por otro lado, el único punto evaluado en la quebrada Los Merinos fue el punto QLMer1 (mayo-2017), cuyo pH y concentraciones de Co y Mn superaron el estándar mencionado. Así mismo, al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, presentaron características similares.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, los puntos QLMer1A, QLMer1B, QLMer1 y QLMer2 presentan facies hipersulfatadas cálcicas y según el diagrama de Ficklin las aguas de los puntos QLMer1A, QLMer1B y QLMer1 clasifican como aguas ácidas con alta concentración de metales, mientras que en el punto QLMer2 sus aguas se clasifican como ácidas, pero con baja concentración de metales.

La concentración de As y Hg en el sedimento del punto SED-QLMer1 superó el valor PEL de la CEQG, y disminuyeron sus concentraciones en relación al punto SED-QLMer2, cabe señalar que solo el As, continúa superando esta norma.

Sobre las comunidades hidrobiológicas en el tramo evaluado de la quebrada Los Merinos (HID-QLMer1B, HID-QLMer1 y HID-QLMer2), en general, la riqueza y abundancia presentaron valores bajos de las comunidades del perifiton (2 – 9 taxa), destacando los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria; y en macroinvertebrados bentónicos (1 – 5 taxa), resaltando el orden Diptera (*Rhantus* sp. y *Cricotopus* sp.); a su vez la calidad ecológica fue «pésima», lo que indica que las características ácidas y metálicas de esta quebrada estarían afectando a estas comunidades.

Respecto a los aportantes de la quebrada Los Merinos, la quebrada Sin nombre 3 (QRMach1) presentó un pH ácido (3,65) y concentraciones de Al (6,993 mg/L), Co (0,06818 mg/L), Cu (0,22443 mg/L) y Mn (1,373 mg/L) que superaron los ECA para Agua-Cat3. Según el diagrama de Piper, sus aguas presentan facies hipersulfatadas cálcicas y según el diagrama de Ficklin, las clasifica como aguas ácidas con baja concentración de metales. Las concentraciones de As y Hg en el sedimento (SED-QRMach1) superaron el valor PEL de la CEQG.

Los demás aportantes de la quebrada Los Merinos son los manantiales LTap1, FNat14 y FNat8 evaluados en marzo-2018; los dos primeros presentaron pH ácidos (4,27 y 3,9) y concentraciones de Mn (3,073 y 0,21749 mg/L) que superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3. Mientras que el manantial FNat8 presentó pH neutro (7,46) y concentraciones de metales que no superaron referencialmente el estándar referido.

En relación a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, los manantiales LTap1 y FNat14 presentan facies hipersulfatadas cálcicas y el manantial FNat8 presenta facies mixtas (bicarbonatada – sulfatada, sódica – magnésica); mientras que según el diagrama de Ficklin clasifica a las aguas de los manantiales LTap1 y Fnat14 como ácidas con bajas concentraciones de metales, y al manantial FNat8 como cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

Las imágenes satelitales de la Figura 8-23, muestran la evolución de la geografía de la quebrada Los Merinos desde el 2012 al 2018, en este sentido, sobre los resultados antes expuestos desde la línea de base de la UM Shahuindo (inició fase de operación y construcción desde el 2016³⁹) hasta lo reportado por OEFA, presentaron características similares.

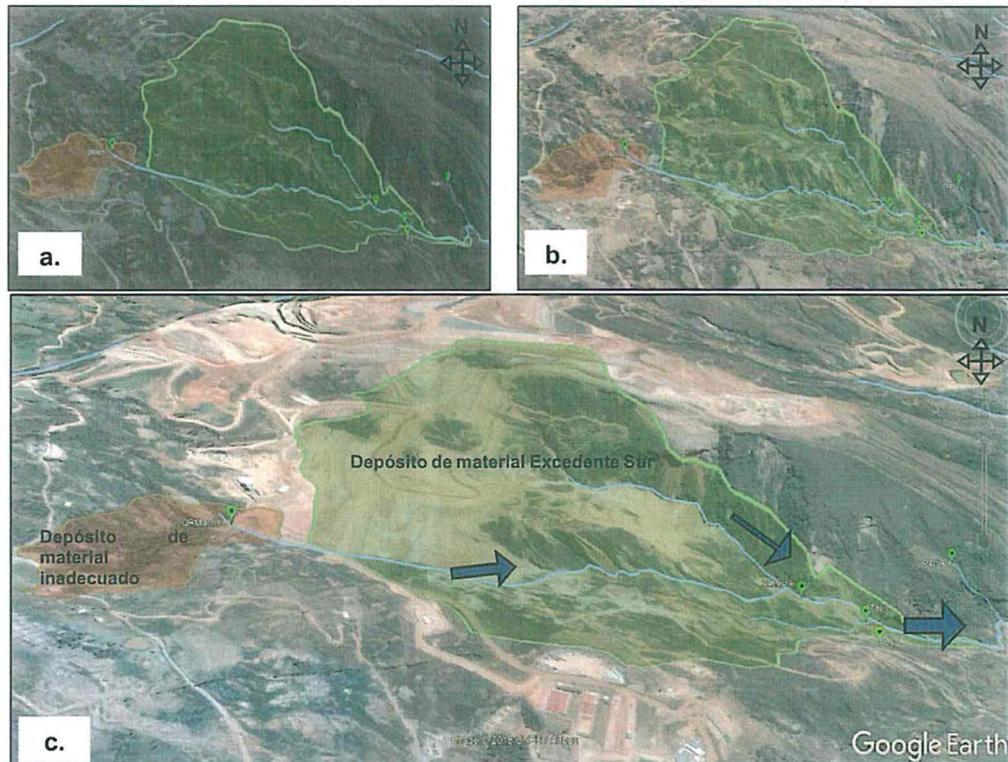


Figura 8-23. Vista satelital del tramo evaluado de la quebrada Los Merinos en el a) 2012, b) 2014 y c) 2018

Fuente: Google Earth, 2018

En relación a la quebrada Sauce (QSau1) evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, presentó un pH neutro (7,23 y 7,64) y concentraciones de metales que no superaron los ECA para Agua-Cat3. Así mismo, al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, este punto presentó características similares. Según el diagrama de Piper, presenta facies bicarbonatadas cálcica – magnésica y según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercana a la neutralidad (pH neutro), con baja concentración de metales.

La concentración de As en el sedimento del punto SED-QSau1 superó el valor PEL de la CEQG. Así mismo, las comunidades hidrobiológicas, en relación a los demás puntos evaluados en esta microcuenca, presentaron valores altos de riqueza y abundancia tanto en el perifiton (con 11 y 15 taxa), destacando la phyla Bacillariophyta; como en macroinvertebrados bentónicos (con 16 y 20 taxa), con predominancia de los órdenes Ephemeroptera, Odonata y Trichoptera, que son indicadores de buena calidad del agua, por lo que su calidad ecológica fue «buena».

La quebrada Los Merinos cambia de nombre a El Pacae luego de recibir el aporte de la quebrada Sauce, en ella se ubicó el punto QEPac1 (evaluado en mayo-2017 y

³⁹

Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero "Shahuindo", aprobada por el MINEM, mediante Resolución Directoral N° 132-2016-MEM/DGAAM del 2 de mayo de 2016

marzo-2018) el cual presentó un incremento de su pH (hasta 5,27 y 5,49) y disminución en las concentraciones de Mn (hasta 3,710 y 3,847 mg/L), en relación al punto ubicado aguas arriba; dichos resultados superaron los ECA para Agua-Cat3. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, este punto cambia sus facies de hipersulfatadas cálcicas a hipersulfatadas mixtas (magnésica cálcicas), sin embargo, según el diagrama de Ficklin, mantiene sus características ácidas con baja concentración de metales.

La concentración de Hg se incrementó en el punto SED-QEPac1, en relación al punto ubicado aguas arriba, hasta superar el valor PEL de la CEQG; en el caso del As, que también superó esta norma, la concentración se incrementó. En relación a las comunidades hidrobiológicas (HID-QEPac1), este punto siguió presentando valores bajos de riqueza y abundancia de perifiton (con 4 y 3 taxa), destacando el phyla Bacillariophyta, y de macroinvertebrados bentónicos (con 3 y 1 taxa), resaltando la predominancia de *Agamitrus* sp. y *Simullum* sp., por lo que su calidad ecológica se mantuvo como «pésima».

Por otro lado, la quebrada Higuerón (QHig1), que es aportante de la quebrada principal, pero que antes de su confluencia es captada para riego fue evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, presentó valores de pH neutro (7,23 y 7,64) y concentraciones de Al (0,517 y 18,64 mg/L), Fe (0,632 y 22,04 mg/L), Mn (0,067 y 0,420 mg/L) y Pb (<0,001 y 0,0664 mg/L), siendo Al, Fe, Mn y Pb en marzo-2018, los que superaron los ECA para Agua-Cat3. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presenta facies bicarbonatadas cálcicas y según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de As en el sedimento, superó el valor PEL de la CEQG.

Por último, la quebrada Contrahierba (QCHie1), que también es aportante de la quebrada principal, pero que antes de su confluencia es captada para riego fue evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, presentó pH entre ligeramente ácido y neutro (6,37 y 7,46), siendo solo el pH registrado en marzo-2018, incumpliendo los ECA para Agua-Cat3; mientras que ningún metal superó el estándar referido. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presenta facies bicarbonatadas cálcicas y según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

La concentración de As en el sedimento superó el valor PEL de la CEQG. En relación a las comunidades hidrobiológicas (HID-QCHie1) presentó valores bajos de riqueza y abundancia de las comunidades del perifiton (con 6 y 11 taxa), destacando el phyla Bacillariophyta; y en macroinvertebrados bentónicos (con 11 y 8 taxa) resaltando las presencias de *Americabaetis* sp. y *Atrichopogon* sp.

El agua subterránea (PZ-1), ubicado gradiente abajo del depósito de material excedente sur, evaluado en marzo-2018, presentó un pH ligeramente ácido (6,88) y concentraciones de Fe (7,845 mg/L), Mn (0,7515 mg/L) y Pb (0,0661 mg/L), que superaron los ECA para Agua-Cat3 (referencialmente). Así mismo, al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, presentó características similares. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presenta facies sulfatadas cálcicas; mientras que según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

8.6. Zona VI: Microcuenca de la quebrada Chiraque

En esta microcuenca no se ubicará ninguna instalación, según el EIA del proyecto "Shahuindo"⁴⁰. Las distribuciones de los puntos fueron: 5 puntos de calidad de agua (2 en la quebrada Moyán y 3 manantiales). En sedimentos y comunidades hidrobiológicas se evaluaron 2 punto de muestreo (2 en la quebrada Moyán). Cabe señalar, que algunos puntos fueron muestreados solo una vez.

Los parámetros que superaron los ECA para Agua-Cat3, en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-24; para el caso de los manantiales, la comparación es referencial. Los metales totales en sedimentos que superaron referencialmente los valores establecidos en la norma canadiense en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-25.

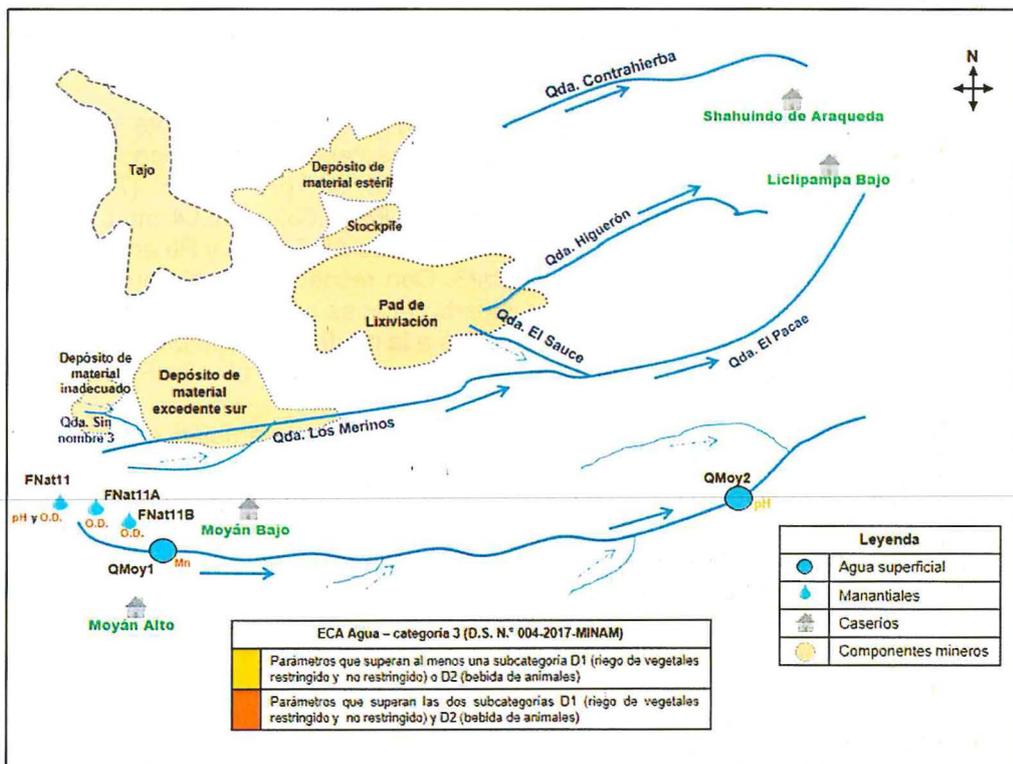


Figura 8-24. Parámetros que superaron los ECA Agua – Cat3, en la microcuenca Chiraque



Handwritten signatures and initials in blue ink.

⁴⁰ Capítulo 2 (Descripción del entorno del proyecto) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Shahuindo, aprobado el 10 de setiembre de 2013 mediante Resolución Directoral N.º 339-2013-MEM/AAM

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

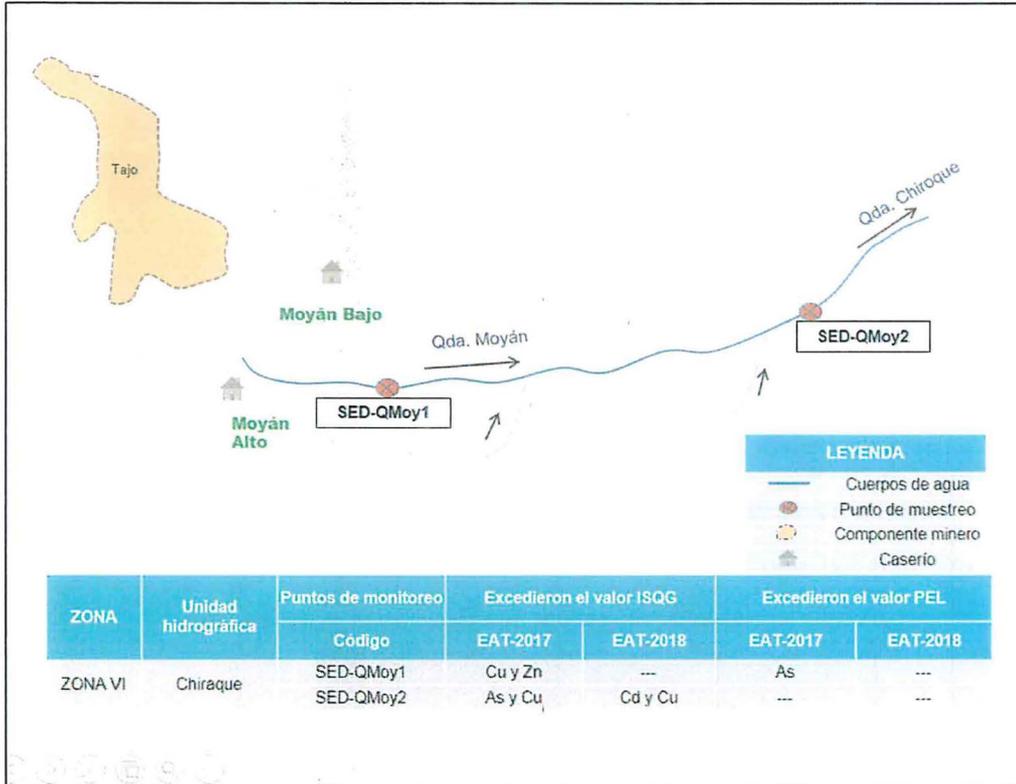


Figura 8-25. Distribución de los puntos de sedimento y metales que superan referencialmente la CEQG en la microcuenca Chiraque

La UM Shahuindo, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tiene 1 punto en la microcuenca Crisbamba, que está próximo a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-6).

Tabla 8-6. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – zona VI

Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental
	Línea de Base Ambiental
QMoy1	CAS-03 / SH-11
QMoy2	-
FNat11	-
FNat11B	-
FNat11C	-

«-»: Punto no evaluado en los IGA del administrado

Con la finalidad de analizar la variación en el tiempo de los resultados de OEFA, se compararon con los resultados mostrados en los IGA y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo, tal como se observa en la Figura 8-26.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

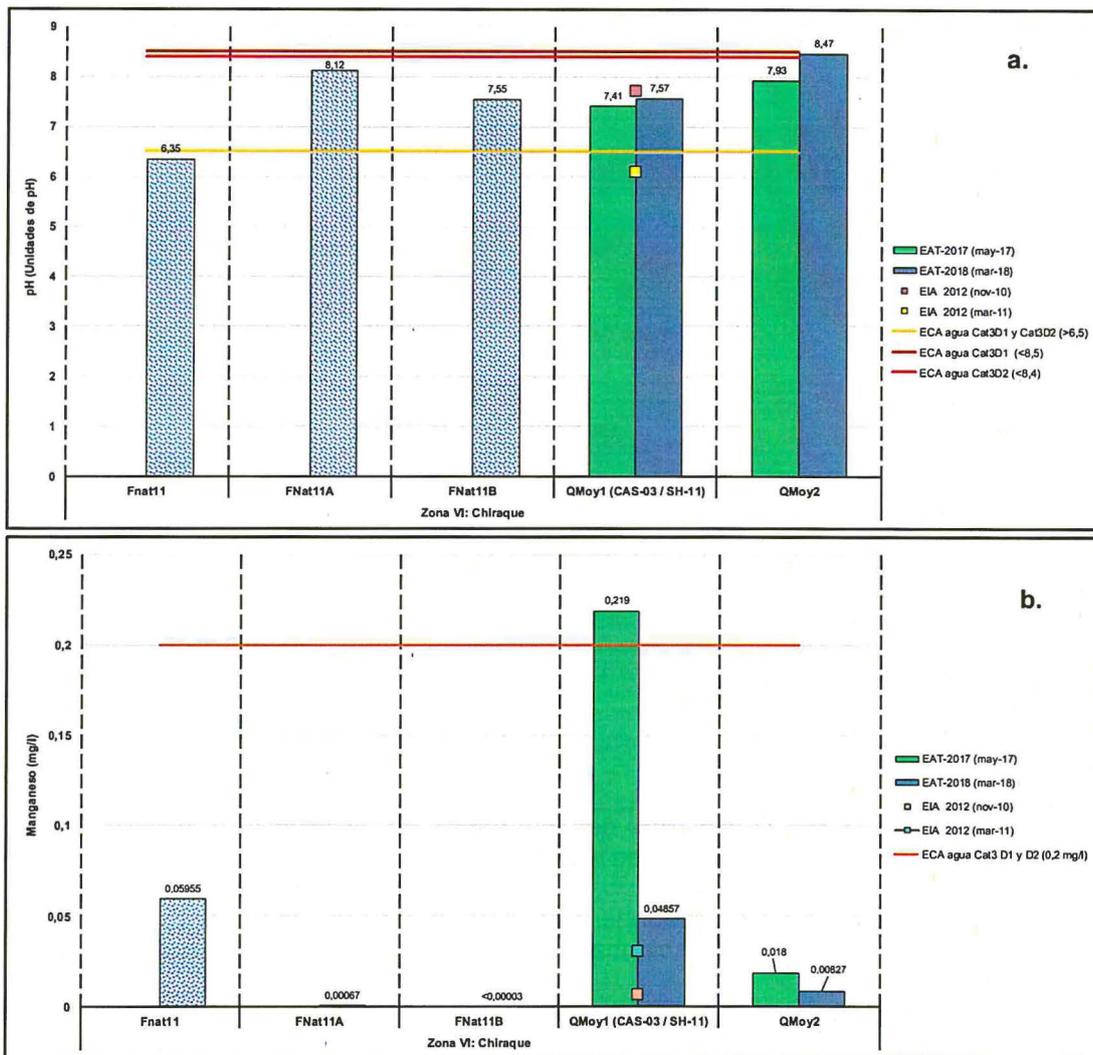


Figura 8-26. Comparación de los resultados de a) pH y b) Mn del OEFA con la línea de base y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo durante los años 2010, 2011, 2017 y 2018

Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012 del administrado y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA.

Como se puede apreciar en las Figuras 8-24, 8-25 y 8-26 (ítems a y b) en la zona de la quebrada Moyán y los manantiales presentaron las siguientes características:

En el tramo evaluado de la quebrada Moyán (evaluado en mayo-2017 y marzo-2018), el punto QMoy2, en relación al punto ubicado aguas arriba (QMoy1), presentó un incremento en los valores de pH (7,93 y 8,47), superando los ECA para Agua-Cat3 en marzo-2018. Caso contrario, el Mn en mayo-2017 disminuyó sus concentraciones hasta cumplir con el estándar en mención; cabe señalar que en este tramo hay dos quebradas, los que pudieran influir en el cambio de la calidad de la quebrada Moyán.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, el punto QMoy1 presenta facies bicarbonatadas cálcicas, y el punto QMoy2 presenta facies sulfatada cálcica – magnésica, y según el diagrama de Ficklin, en ambos puntos, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad (ligeramente básicas) con baja concentración de metales.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de
Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

En sedimentos, en el punto SED-QMoy1 la concentración de As superó referencialmente el valor PEL de la CEQG, disminuyendo aguas abajo en el punto SED-QMoy2 hasta encontrarse por debajo de los valores ISQG y PEL de referida norma. Sobre las comunidades hidrobiológicas evaluadas en mayo-2017 y marzo-2018, el punto HID-QMoy2, en relación al punto aguas arriba (HID-QMoy1), presentó incrementos en la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton de 13 y 16 taxa a 27 y 36 taxa; y en macroinvertebrados bentónicos de 12 y 11 taxa a 16 a 22 taxa, registrando presencias de Ephemeroptera y Trichoptera (*Simullum* sp., *Cricotopus* sp. y *Calloma* sp.), indicadores de buena calidad de agua, siendo la orden díptera la que presentó la mayor riqueza, por tener un amplio rango de distribución, ya que es un grupo muy diversificado con múltiples estrategias de alimentación y con adaptaciones a diferentes factores ambientales (Merritt *et al.* 2008 y Domínguez *et al.* 2009).

En relación a los tres manantiales, ubicados en la parte alta de la quebrada Moyán, (FNat11, FNat11A y FNat11B) evaluados en marzo-2018, presentaron pH variables (6,35; 8,12 y 7,55) y oxígeno disuelto (4,09; 4,39 y 4,72 mg/L) respectivamente, siendo el pH del punto FNat11 y el oxígeno disuelto de todos los manantiales mencionados, los que superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3. Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, presentan facies bicarbonatadas cálcicas y según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad con bajas concentraciones de metales. Cabe señalar que la baja concentración de oxígeno disuelto es característico de las aguas subterráneas.

8.7. Zona VII: Microcuenca de la quebrada Shingomate

La quebrada Shingomate (en donde se ubicará parte del tajo) recibe los aportes de las quebradas La Chilca, Cabrejos, La Fila y La Pauquilla por su margen izquierda. Tiene una extensión de 26,4 km². El eje principal tiene una dirección noreste y una longitud de aproximadamente 12,3 km según el EIA del proyecto «Shahuindo»⁴¹.

Según el inventario de pasivos ambientales mineros presentado por el administrado en el EIA 2012 mencionan que el grupo de informales «La Chilca», se emplazó en el cerro Cushpibo y que en cuanto a pasivos se calculó aproximadamente 340 pozas de cianuración y 60 bocaminas.

La distribución de los puntos fue: 14 puntos de calidad de agua (5 en la quebrada Shingomate, 1 en la quebrada Chilca, 1 en la quebrada el Grajo, 1 en la quebrada Cabrejos, 1 en la quebrada La Fila y 5 manantiales). En sedimentos se evaluaron 8 puntos (5 en la quebrada Shingomate, 1 en la quebrada La Chilca, 1 en la quebrada El Grajo y 1 en la quebrada Cabrejos). Y en comunidades hidrobiológicas se evaluaron 9 puntos (5 en la quebrada Shingomate, 1 en la quebrada La Chilca, 1 en la quebrada El Grajo, 1 en la quebrada Cabrejos y 1 en la quebrada La Fila).

Los parámetros que superaron los ECA para Agua-Cat3, en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-27; para el caso de los manantiales, la comparación es referencial. Los metales totales en sedimentos que superaron referencialmente los valores establecidos en la norma canadiense en esta microcuenca se muestran en la Figura 8-28.

⁴¹ Capítulo 2 (Descripción del entorno del proyecto) del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Shahuindo, aprobado el 10 de setiembre de 2013 mediante Resolución Directoral N.º 339-2013-MEM/AAM

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

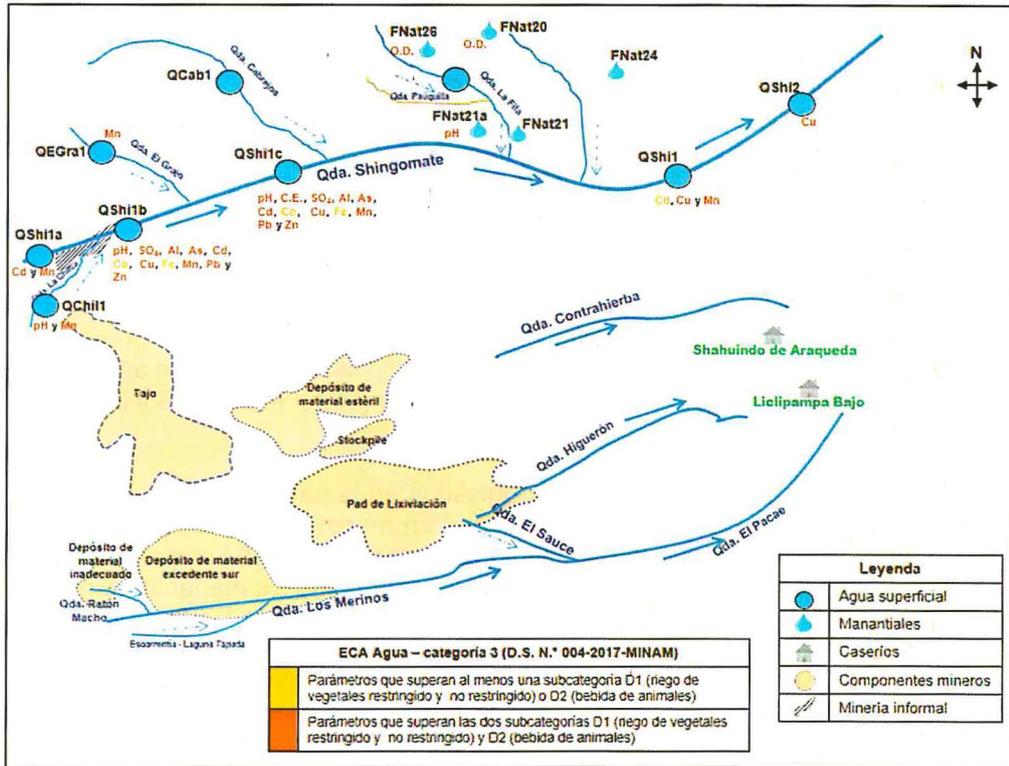


Figura 8-27. Parámetros que superaron los ECA Agua – cat3, en la microcuenca Shingomate

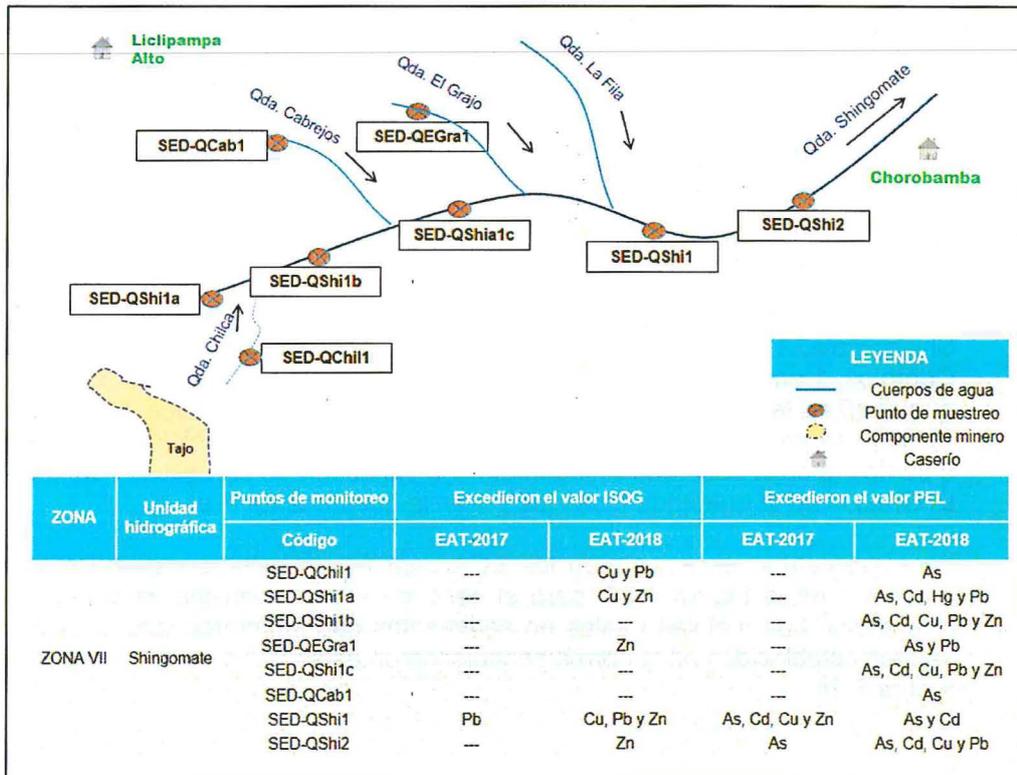


Figura 8-28. Distribución de los puntos de sedimento y metales que superan referencialmente la CEQG en la microcuenca Shingomate



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

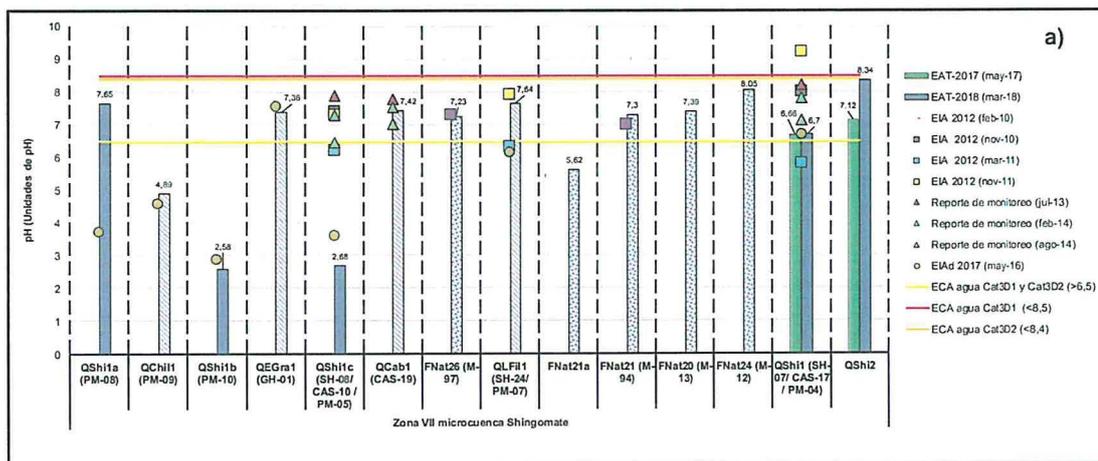
La UM Shahuindo, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tienen puntos de muestreo en la microcuenca, que en algunos casos coinciden o están próximos a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-7).

Tabla 8-7. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – zona VII

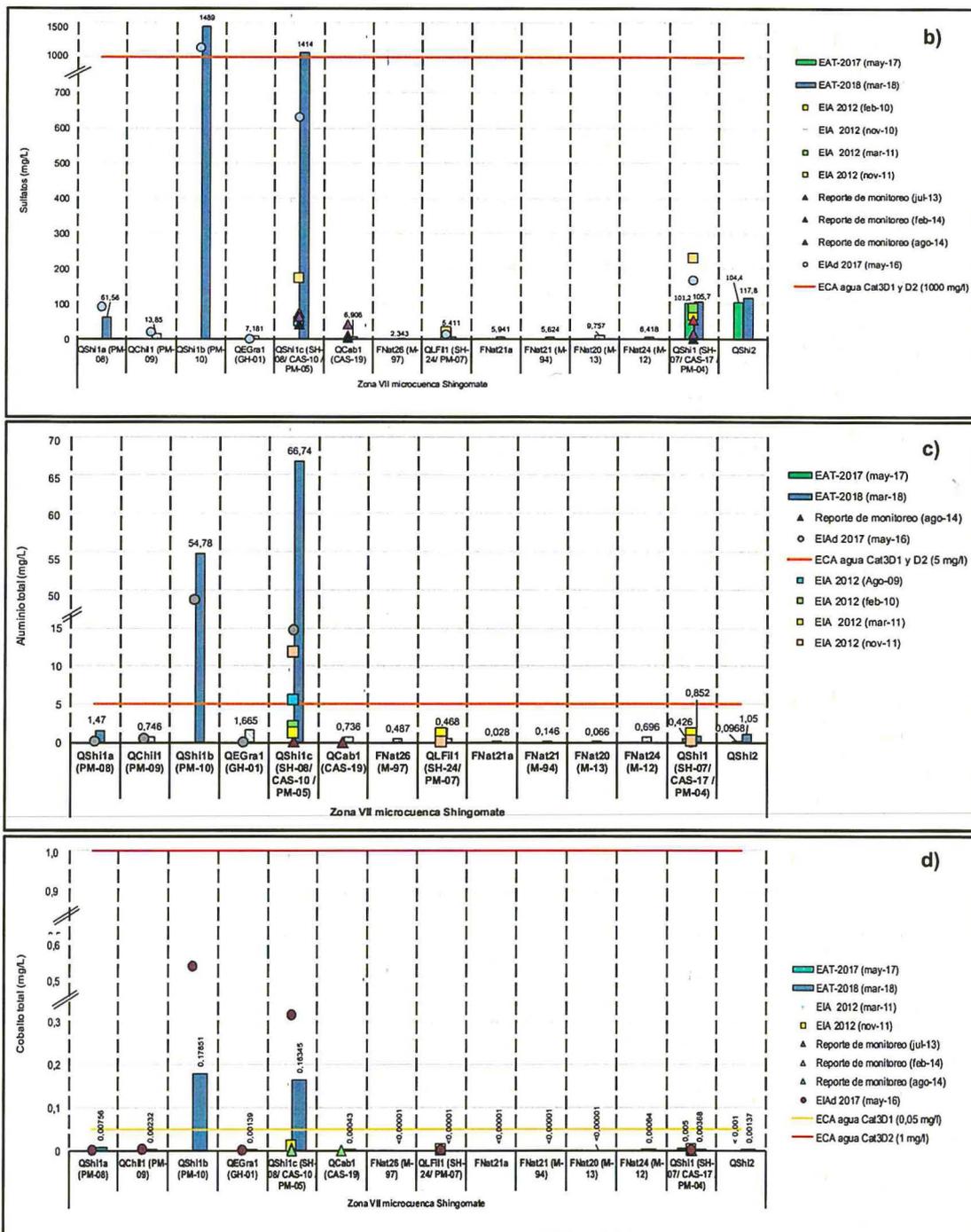
Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental			
	Línea de Base Ambiental	Reporte monitoreo 2013 - 2014	EIAsd 2017	Reporte monitoreo 2017
QShi1a	-	-	PM-08	-
QChil1	-	-	PM-09	-
QShi1b	-	-	PM-10	-
QEGra1	-	-	GH-01	-
QShi1c	-	-	-	-
QCab1	-	-	CAS19	-
QLFil1	SH-04	-	PM-07	-
QShi1	SH-07	CAS-17	PM-04	-
QShi2	-	-	-	-
FNat24	M-12	-	-	-
FNat20	M-13	-	-	-
FNat26	M-97	-	-	-
FNat21a	-	-	-	-
FNat21	M-94	-	-	-

«-»: Punto no evaluado en los IGA del administrado

Con fines de comparación se analizaron los resultados más relevantes del OEFA, comparados con la línea de base y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo, tal como se puede observar en la Figura 8-29.



«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



Handwritten signature in blue ink.

Handwritten initials 'cy' and 'st' in blue ink.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

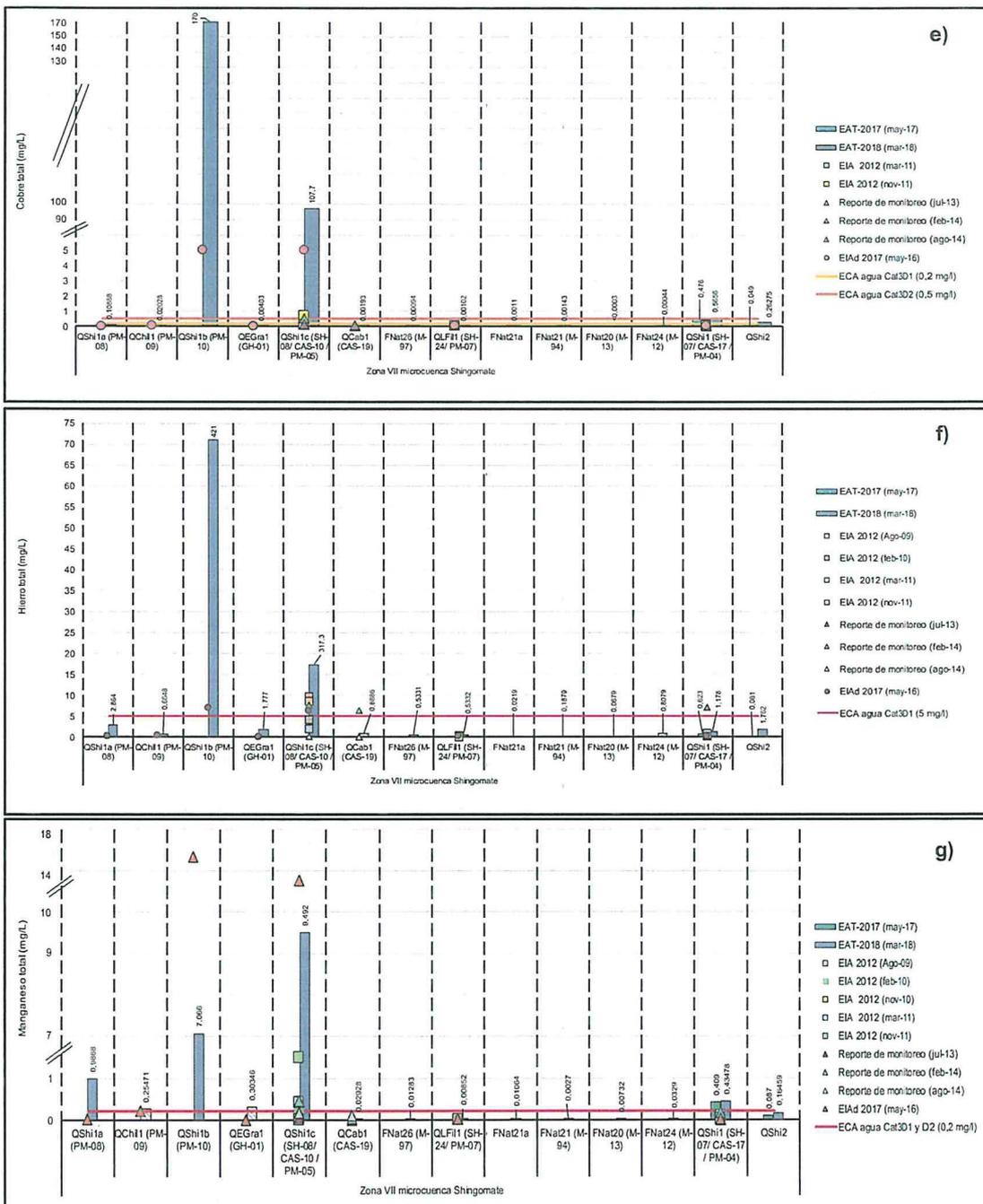


Figura 8-29. Comparación de los resultados de a) pH, b) SO₄⁻, c) Al, d) Co, e) Cu y f) Fe y g) Mn del OEFA con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo durante los años 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2016, 2017 y 2018

Fuente: Los datos corresponden al EIA 2012, EIAAd 2017 y reportes de monitoreo mensuales (julio de 2013, febrero y agosto de 2014) del administrado y de la Evaluación Ambiental Temprana (mayo de 2017 y marzo de 2018) del OEFA

Como se puede apreciar en las Figuras 8-27, 8-28 y 8-29 (ítems a, b, c, d, e, f y g) el tramo evaluado de la quebrada Shingomate y aportantes presentaron las siguientes características.

En este sentido, el punto Qshi1a evaluado en marzo-2018 presentó concentraciones de Cd (0,01411 mg/L) y Mn (0,9868 mg/L) que superaron los ECA para Agua-Cat3; sin embargo, al pasar sus aguas por el cerro Cushpibo, donde se emplazaron el grupo de mineros informales llamados «La Chilca» (Figura 8-30), se ubican los puntos QShi1b y QShi1c, en los cuales los valores de pH disminuyeron a 4,89 y 2,58; y aumentaron las concentraciones de SO₄ (1489 y 1414 mg/L), Al (54,78 y 66,74 mg/L), As (29,71 y 15,6 mg/L), Cd (1,661 y 1,559 mg/L), Co (0,17851 y 0,16345 mg/L), Cu (150 y 107,7 mg/L), Fe (421 y 317,3 mg/L), Mn (7,066 y 9,492 mg/L), Pb (0,7968 y 0,9152 mg/L) y Zn (45,31 y 33,95 mg/L) que superaron el estándar referido.

Aguas abajo de los puntos mencionados, se ubican los puntos QShi1 y QShi2 (marzo-2018), donde se apreció un incremento en los valores de pH hasta ser básicos (6,7 y 8,34) y una disminución en las concentraciones de metales en relación a los puntos ubicados aguas arriba; sin embargo, las concentraciones de Cu (0,5656 y 0,26275 mg/L) siguieron superando los ECA para Agua-Cat3, mientras que el Cd (0,01581 y 0,00381 mg/L) y Mn (0,4378 y 0,16459 mg/L) superaron el estándar solo en el punto QShi1. Por otro lado, estos puntos fueron los únicos evaluados en mayo-2017, donde el Cd y Mn en el punto QShi1 superaron el estándar mencionado.

Así mismo, al comparar con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo, estos puntos presentaron características similares, apreciándose ligeros incrementos de las concentraciones de los metales solo en épocas de lluvia, lo cual se corrobora con la predominancia de los metales asociados a sólidos suspendidos.

Con respecto a la hidroquímica, según el diagrama de Piper, el tramo evaluado de la quebrada Shingomate (QShi1a, QShi1b, QShi1c, QShi1 y QShi2) presenta facies sulfatadas cálcicas, sin embargo, según el diagrama de Ficklin, el punto QShi1a presenta aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, que luego de pasar por el cerro Cushpibo en los puntos QShi1b y QShi1c cambia a altamente ácidas con extremas concentraciones de metales; posteriormente, luego de recibir los aportes de las quebradas (Cabrejos y La Fila) y los manantiales, recupera sus condiciones iniciales, es decir, cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales en los puntos QShi1 y QShi2.

En sedimentos, el punto SED-QShi1a presentó concentraciones de As, Cd y Pb que superaron referencialmente el valor PEL de la CEQG, que luego de pasar por el cerro Cushpibo, se incrementa las concentraciones de As, Cd, Cu, Pb y Zn en los puntos SED-QShi1b y SED-QShi1c hasta superar referencialmente el valor PEL de la referida norma; posteriormente, luego de recibir el aporte de las quebradas, disminuye las concentraciones de estos metales, pero manteniéndose el As y Cd en los puntos SED-QShi1 y SED-QShi2 por encima del valor PEL de la norma.

Respecto a las comunidades hidrobiológicas, el tramo evaluado de la quebrada Shingomate presentó valores bajos de riqueza y abundancia; el punto HID-QShi1a registró una baja riqueza y abundancia en perifiton (3 taxa) y macroinvertebrados bentónicos (2 taxa) resaltando la especie *Atopsyche* sp, que luego de pasar por el cerro Cushpibo, disminuye su riqueza de perifiton a 2 taxa y en macroinvertebrados bentónicos a 0 taxa en el punto HID-QShi1b; posteriormente, luego de recibir el aporte de las quebradas se recupera hasta sus condiciones iniciales, registrando 2 y 3 taxa en perifiton; mientras que 3 y 3 taxa en macroinvertebrados bentónicos, en los puntos HID-QShi1 y HID-QShi2 respectivamente, resaltando las especies *Hemiosus* sp. y *Maruina* sp.



1
g
f
y
st

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»



Figura 8-30. Imágenes de las desmonteras en el cerro Cushpibo entre los puntos QShi1a y QShi1b

En general se apreció que en las aguas de la quebrada Shingomate, su pH tiende a volverse ácido y a incrementar sus concentraciones de metales luego de pasar el cerro Cushpibo; y a medida que recibe aportes de otras quebradas aguas abajo, su pH cambia de ácido a básico, disminuyendo sus concentraciones de metales.

Respecto a las quebradas aportantes evaluadas en marzo-2018, el punto QChil1 (quebrada La Chilca) presentó pH ácido (4,89) y concentración de Mn (0,25471 mg/L), y el punto QEGra1 (quebrada El Grajo), concentración de Mn (0,30346 mg/L), que excedieron los ECA para Agua-Cat3. Mientras que los puntos QCab1 (quebrada Cabrejos) y QLFil1 (quebrada La Fila) presentaron concentraciones que no superaron el referido estándar.

Según el diagrama de Piper, los puntos QCab1, QEGra1 y QLFil1 presentan facies bicarbonatadas cálcicas, y según el diagrama de Ficklin clasifica sus aguas como cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales; y el punto QChil1 presenta facies sulfatadas cálcicas y sus aguas están clasificadas como aguas ácidas con baja concentración de metales.

En sedimentos, en los puntos SED-QCab1, SED-QEGra1 y SED-QChil1 la concentración de As superó referencialmente el valor PEL de la CEQG. Mientras que el Pb superó el valor PEL de esta norma solo en el punto SED-QEGra1.

Las comunidades hidrobiológicas en los puntos HID-QCab1, HID-QEGra1 y HID-QLFil1 presentaron valores de riqueza y abundancia en las comunidades de perifiton (18, 14 y 17 taxa, respectivamente) y macroinvertebrados bentónicos (10, 7 y 8 taxa, respectivamente), resaltando las especies *Cricotopus* sp. y *Andesiops* sp.; además, la calidad ecológica fue «buena». Cabe señalar que estas quebradas presentaron mayores valores de riqueza y abundancia de estas comunidades, en relación a la quebrada Shingomate.



Handwritten signature and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de
Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

La concentración de los metales evaluados en todos los manantiales FNat26, FNat21a, FNat21, FNat20 y FNat24, no superaron los ECA de Agua-Cat3, a excepción del pH del manantial Fnat21a (5,62) y el oxígeno disuelto de los manantiales FNat26 y FNat20 (4,59 y 3,98 mg/L), los que superaron referencialmente el estándar, estas bajas concentraciones de oxígeno disuelto son características de aguas subterráneas. Según el diagrama de Piper, presentan facies bicarbonatadas cálcicas y según el diagrama de Ficklin clasifica las aguas de los manantiales como cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

8.8. Calidad de aire

Los 4 puntos de calidad de aire fueron evaluados en un periodo de 4 días correspondiente a mayo-2017, se ubicaron 3 en barlovento: CA-MAlt1, CA-MBaj1 y CA-MFlo1, y 1 en sotavento: CA-MBaj1, tendiendo ello en consideración, con la finalidad de obtener un contraste entre las zonas de barlovento y sotavento. De los registros meteorológicos se tiene que la dirección predominante de los vientos en los puntos ubicados a barlovento de la UM Shahuindo provinieron del NNE, en la única estación instalada en el punto CA-MBaj1. En cambio, para el punto de monitoreo ubicado a sotavento: CA-SJos1, los vientos provinieron predominante del W. Cabe señalar que, no existieron variaciones significativas de temperatura, registrándose valores promedios diarios entre 13,6 °C y 16 °C y valores de humedad promedio diario entre 73,3 % y 82,6 %, durante todo el periodo de monitoreo.

Para el periodo de monitoreo, las mayores concentraciones de PM10 se registraron en la zona de sotavento (CA-SJos1) siguiendo la dirección preferencial de los vientos, tal como fue ratificado por las mediciones meteorológicas realizadas. Este comportamiento confirma que los valores registrados en sotavento estarían influenciados por los caminos y operaciones de la UM Shahuindo (Figura 9-31). Por otro lado, del total de metales reportados en la corrida del laboratorio (20 metales), 16 de ellos presentan valores menores al límite de cuantificación (L.C.), siendo solo 4 de ellos que presentan concentraciones en al menos 1 día (Cr, Cu, Mn y U) que fueron ínfimas y no superaron referencialmente norma canadiense (AAQC)

Los resultados obtenidos en el punto de CA-MFlo1, ubicado en el caserío Maximas Flores (a barlovento de la UM Shahuindo) como era de esperarse (por encontrarse fuera de la influencia de la unidad minera) presentando concentraciones de metales menores al límite de cuantificación.



Handwritten signature and initials in blue ink.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
 «Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

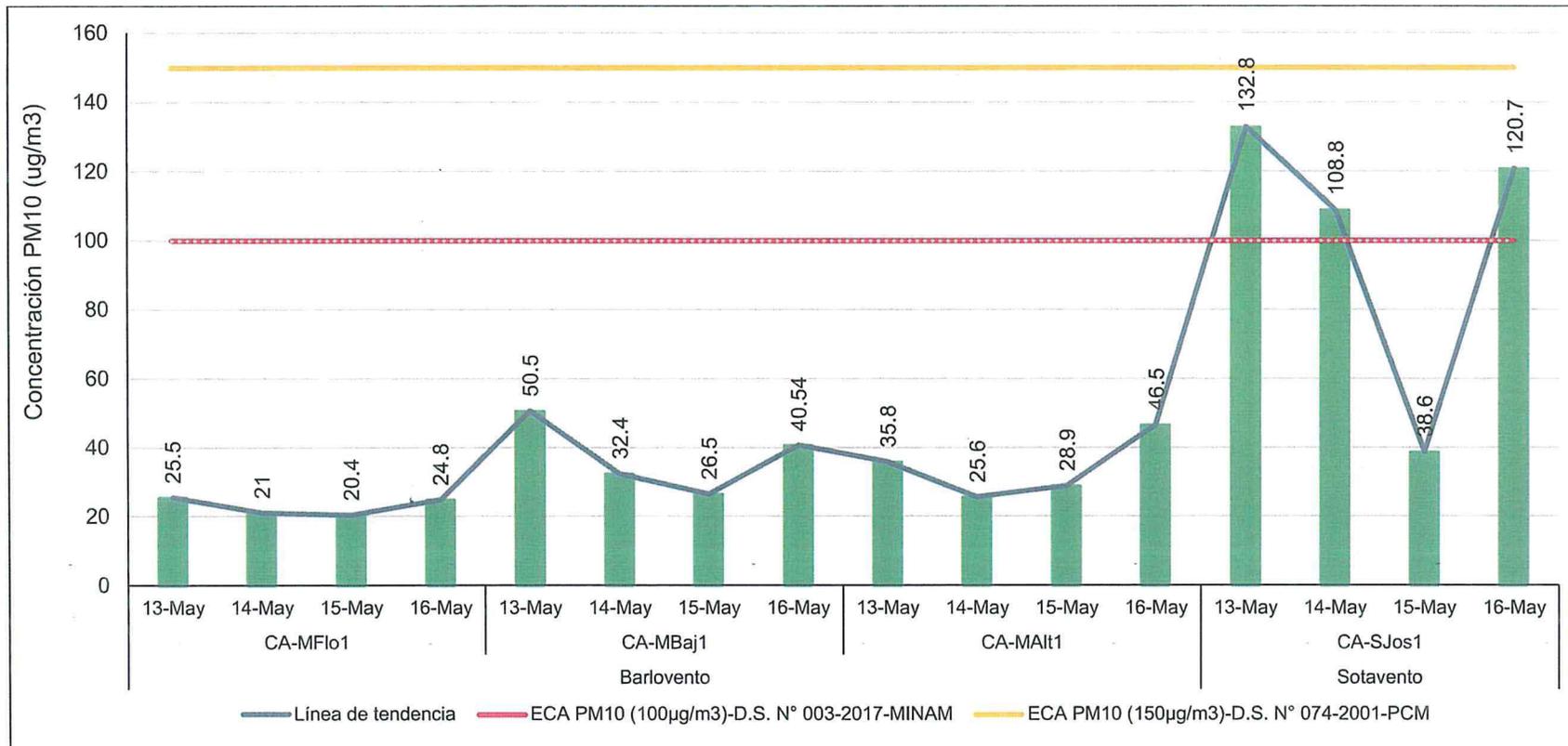


Figura 8-31. Concentración de PM₁₀ registrados en barlovento y sotavento

(Circular stamp: DIRECCIÓN DE FÍSICA Y EVALUACIÓN AMBIENTAL, SUBDIRECCIÓN DE MONITOREO AMBIENTAL)
 [Handwritten signatures and marks]

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

La UM Shahuindo, conforme a sus instrumentos de gestión ambiental, tienen puntos de muestreo, que en algunos casos coinciden o están próximos a los puntos evaluados por el OEFA (Tabla 8-8).

Tabla 8-8. Equivalencias de los puntos OEFA con los puntos IGA – calidad de aire

Código OEFA	Instrumento de gestión ambiental		
	Línea de Base Ambiental	Reporte monitoreo 2013 - 2014	Reporte monitoreo 2017
CA-MFlo1	-	-	-
CA-MBaj1	ECA-04	-	ECA-03-OP
CA-MAIt1	ECA-02	-	ECA-02-OP
CA-SJos1	CA-02	CA-02	-

«-»: Punto no evaluado en los IGA del administrado

Con fines de comparación se analizaron los resultados más relevantes del OEFA, comparados con la línea de base y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo, tal como se detalla a continuación:

En la Figura 8-32 se muestra la comparación histórica entre los resultados de PM10 del OEFA del punto CA-SJos1, con la línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo (CA-02).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up and several illegible signatures.

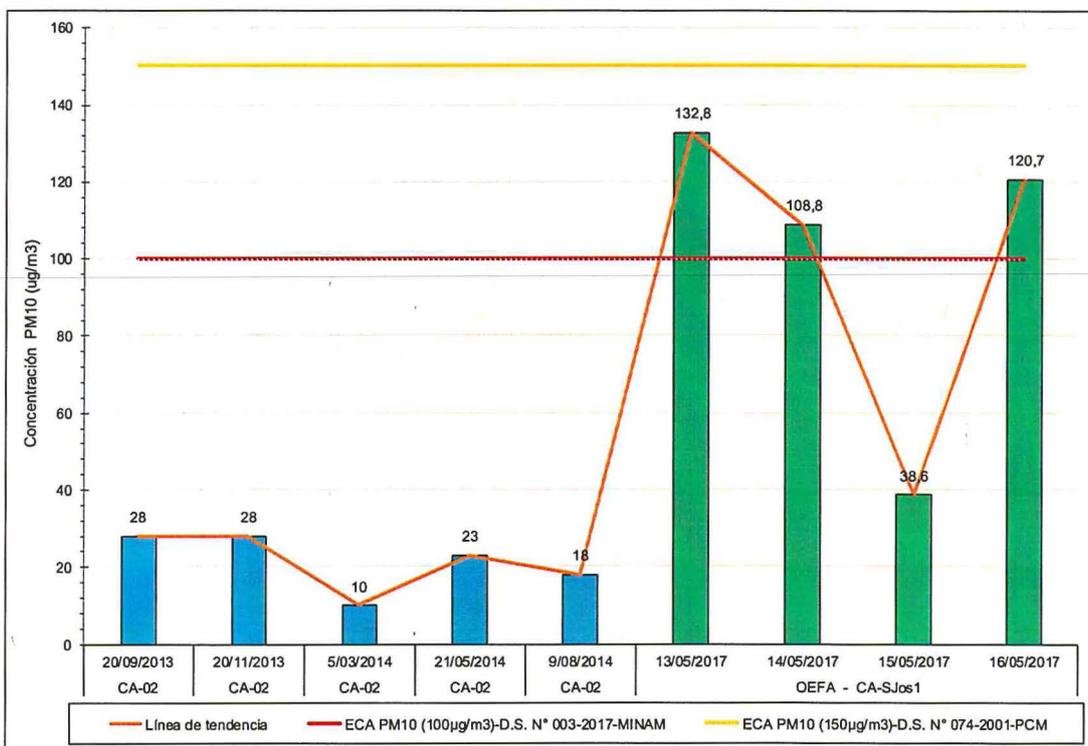


Figura 8-32. Concentración de material particulado PM10 en el punto CA-SJos1, registrado por el OEFA y línea de base y datos históricos de la UM Shahuindo durante los años 2013, 2014 y 2017

Fuente: Los datos fueron obtenidos de los IGA⁴² de la UM Shahuindo (barras azules); y las (barras verdes), corresponden a los resultados del OEFA.

⁴² Resolución Directoral N° 132-2016-MEM/DGAAM: «Primera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero Shahuindo en el área de acumulación Shahuindo».



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de
Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Como se puede observar en la Figura 8-31, todas las concentraciones de PM10 en el punto CA-SJos1, cumplieron con los ECA para Aire (D.S. N.° 074-2001-PCM); sin embargo, superaron los ECA para Aire vigente (D.S. N.° 003-2017-MINAM) en 3 días de monitoreo, esto posiblemente sea a la resuspensión del material particulado, la cual se ve favorecida por las actividades rurales que se realizan en el caserío San José y por el tránsito vehicular que se puede presentar. Este punto de muestreo fue ubicado en la I.E. N.° San José del caserío de San José, que se encuentra en un radio de 200 m aproximadamente al este del tajo de la UM Shahuindo (Figura 8-33).



↑
J
J
y
S

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

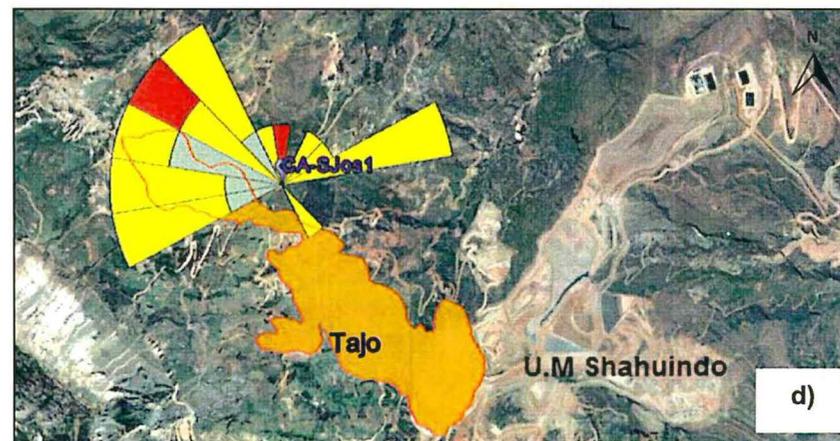
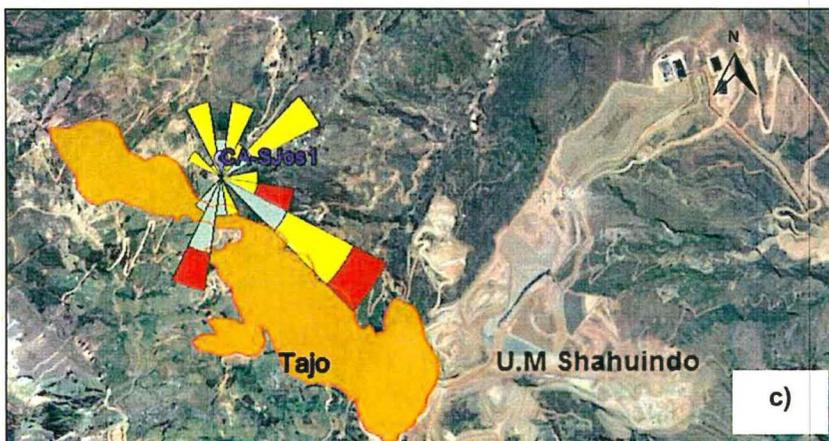
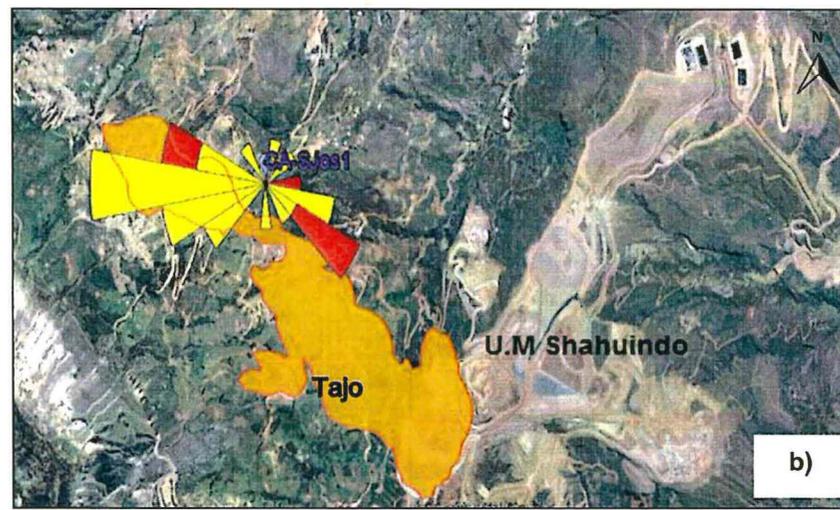
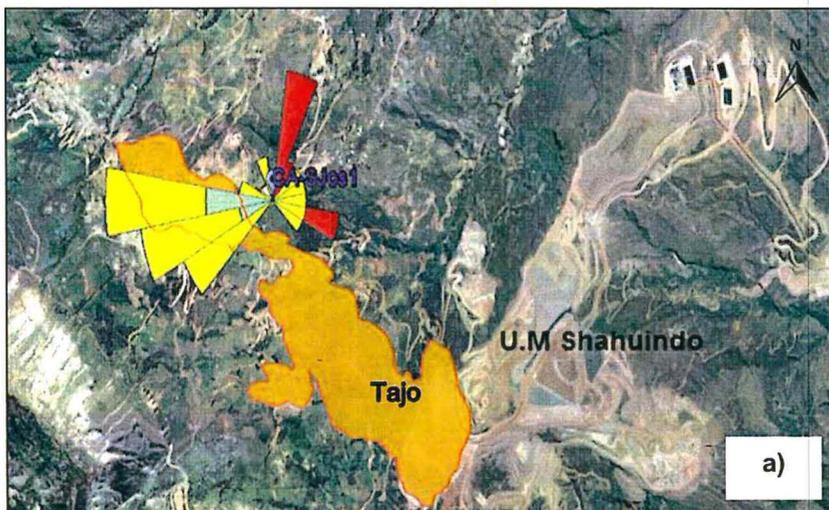


Figura 8-33. Dirección del viento en la estación CA-SJos1, en los días a) 13 de mayo de 2017, b) 14 de mayo de 2017, c) 15 de mayo de 2017 y d) 16 de mayo de 2017

En la Figura 8-33a se presentan las rosas de viento registradas entre las 17:00 horas del 13 de mayo y las 16:00 horas del 14 de mayo de 2017 en el punto CA-SJos1, el cual presentó una predominancia de vientos desde el oeste (W) en un 20%, con velocidades de viento entre los 0,0 m/s a 1,60 m/s seguidos de vientos del sursuroeste (SSW) y en menor frecuencia de vientos del noreste (NE). La principal predominancia obedece a caminos transitados mayormente por vehículos, el cual estaría influenciando en la concentración registrada de PM₁₀.

En la Figura 8-33b se presentan las rosas de viento registrados entre las 17:00 horas del 14 de mayo y las 16:00 horas del 15 de mayo de 2017 en el punto CA-SJos1, presentando una predominancia de vientos desde el oeste (W) en un 20%, con velocidades de viento entre los 0,3 m/s a 1,60 m/s, seguidos de vientos del noroeste y suroeste (NO y SO) y en menor frecuencia de vientos del sursureste (SSE). La principal predominancia obedece a caminos transitados mayormente por vehículos, el cual estaría influenciando en la concentración registrada de PM₁₀.

En la Figura 8-33c se presentan las rosas de viento registrados entre las 17:00 horas del 15 de mayo y las 16:00 horas del 16 de mayo de 2017 en el punto CA-SJos1, presentando una predominancia de vientos desde el sursureste (SSE) en un 20%, con velocidades de viento entre los 0,0 m/s a 3,40 m/s, seguidos de vientos del sursuroeste (SSW) y en menor frecuencia de vientos del nornoreste (NNE). La principal predominancia obedece a las operaciones de la UM Shahuindo.

En la Figura 8-33d se presentan las rosas de viento entre las 17:00 horas del 16 de mayo y las 15:00 horas del 17 de mayo de 2017 en la estación CA-SJos1, presentando una predominancia de vientos desde el oeste (O), noroeste (NO) y suroeste (SO) en un 13%, con velocidades de viento entre los 0,0 m/s a 3,40 m/s, seguidos de vientos del noreste (NE) y en menor frecuencia de vientos del norte (N). La principal predominancia obedece a caminos transitados mayormente por vehículos, el cual estaría influenciando en la concentración registrada de PM₁₀.

En general, se podría atribuir posiblemente las concentraciones de PM₁₀ registradas en el punto CA-SJos1 en los días 13, 14 y 16 de mayo de 2017, al tránsito vehicular que se presentó en las vías de acceso ubicadas al oeste del caserío San José.

Por otro lado, en la Figura 8-34 se muestran las concentraciones de PM₁₀ del punto CA-MBaj1 registradas por el OEFA con la línea de base⁴³ y datos históricos de la UM Shahuindo; ubicado en el poblado de Moyán Bajo, dentro de las cuales se evidenció que ninguna concentración superó los ECA Aire para PM₁₀.



J
f
u
g

⁴³ Estudio de Impacto Ambiental (EIA) «proyecto Shahuindo» R.D. N° 339-2013-MEM/AAM.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

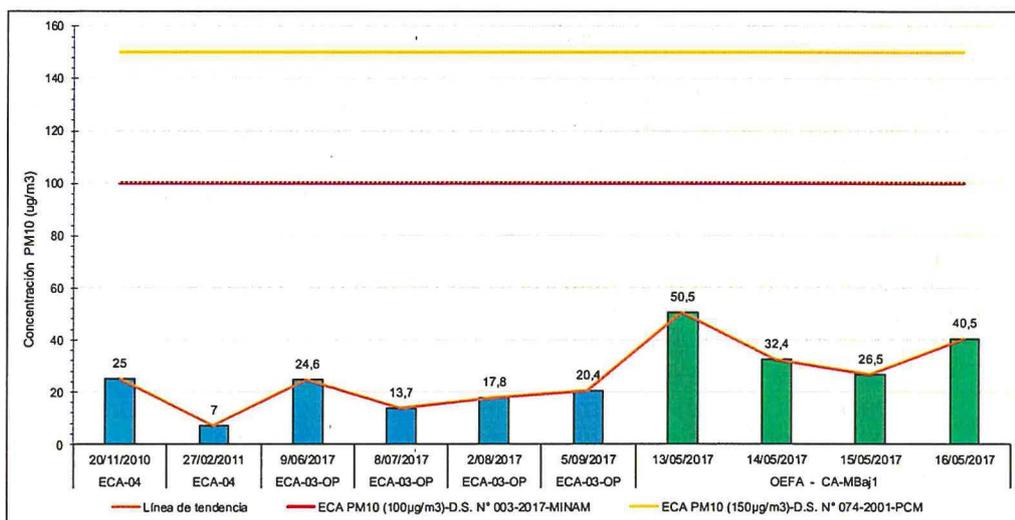


Figura 8-34. Concentración de material particulado PM10 en el punto CA-MBaj1, registrado por el OEFA y línea de base de la UM Shahuindo durante los años 2010, 2011 2017

Fuente: Los datos fueron obtenidos de los IGA de la UM Shahuindo (barras azules); y las (barras verdes), corresponden a los resultados del OEFA.



En la Figura 8-35 se muestra la comparación entre los resultados de PM10 del OEFA con los reportes de monitoreo de la UM Shahuindo del punto CA-MAlT1, ubicado en el poblado de Moyán alto, dentro de las cuales se evidenció que ninguna concentración superó los ECA Aire para PM10.

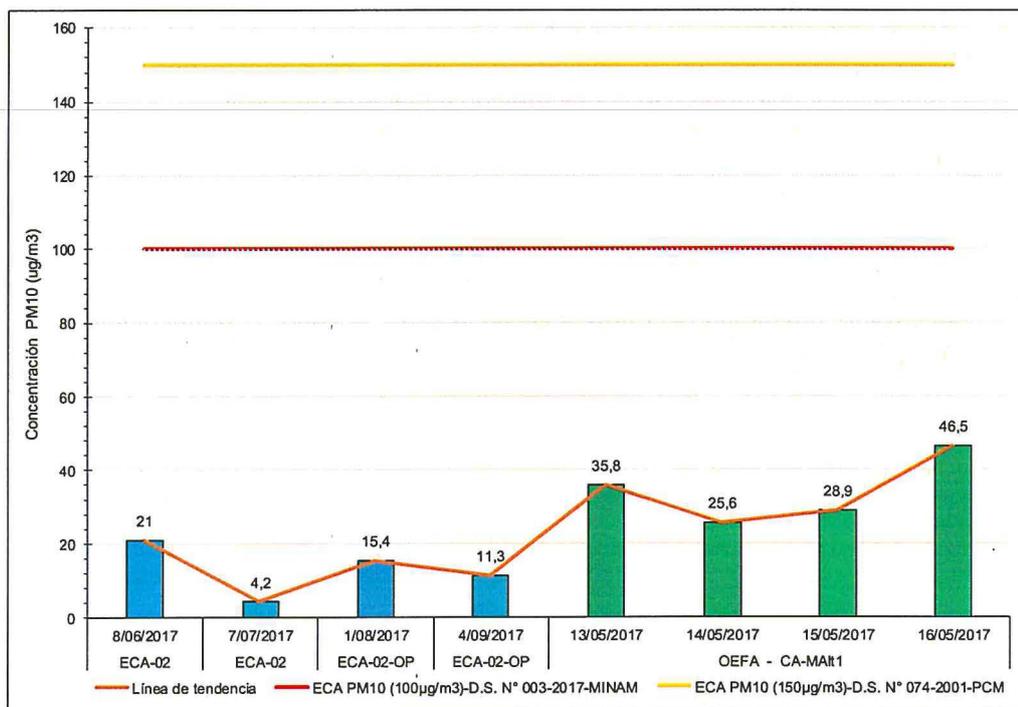


Figura 8-35. Concentración de material particulado PM10 en el punto CA-MAlT1, registrado por el OEFA y reportes de monitoreo de la UM Shahuindo en el 2017

Fuente: Los datos fueron obtenidos de los IGA de la UM Shahuindo (barras azules); y las (barras verdes), corresponden a los resultados del OEFA.

Finalmente, los metales como aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), talio (Tl), selenio (Se), uranio (U), vanadio (V) y zinc (Zn) reportadas en las estaciones de monitoreo CA-MBaj1, CA-MAIt1, CA-SJos1 y CA-MFlo1 cumplen con los valores de referencia para un periodo de 24 horas, según la norma canadiense (AAQC).

9. CONCLUSIONES

9.1. Calidad de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Microcuenca Shahuindo (zona I)

Se identificó un drenaje proveniente de una bocamina abandonada, de pH ácido y elevadas concentraciones de Al, As, Fe, Mn, Ni, Zn, Co y Cd, que descarga en la quebrada Chupaya, alterando su calidad. Esta condición se refleja en la disminución del pH a ligeramente ácido y el incremento hasta superar los ECA para Agua-Cat3 en las concentraciones de Al, As, Fe y Mn. Cabe señalar que, la bocamina no se encuentra en el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, aprobado el 12 de junio de 2018 mediante Resolución Ministerial N.º 224-2018-MEM/DM.

Según los diagramas de Piper y Ficklin, la naciente de la quebrada Chupaya presenta facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, sin embargo, luego de recibir el aporte de la bocamina abandonada de facies sulfatadas cálcicas, cambió a sulfatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad, pero con alta concentración de metales.

Por otro lado, la concentración de As y Hg en el sedimento de la quebrada Chupaya (aguas abajo de la bocamina abandonada) se incrementó hasta superar el valor PEL de la CEQG; con respecto al Hg su presencia se registró solo una vez. Del mismo modo, esta zona registró una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, además la calidad ecológica fue «pésima» con respecto a la «buena» calidad ecológica en el punto aguas arriba. Además, se resalta la presencia de los ordenes Coleoptera y Diptera en macroinvertebrados bentónicos, mientras que de las comunidades de perifiton (microalgas) se destaca la presencia de los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria.

Los manantiales FNat1 y FNat2, ubicados aguas abajo de la bocamina abandonada, descargan en la quebrada Chupaya. El manantial FNat1 de facies sulfatadas cálcicas presentó concentraciones de Ba, As, Fe y Mn que superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3. Mientras que en el manantial FNat2 de facies bicarbonatadas cálcicas, ningún parámetro excedió referencialmente los ECA para Agua-Cat3. En ambos casos, presentaron aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. Por otro lado, el manantial FNat3 «Los Encuentros», que descarga en la quebrada Choloque, presentó concentraciones de Al, As, Fe y Mn que superaron referencialmente el estándar mencionado, además su facie es sulfatada cálcica y aguas ácidas con baja concentración de metales.

Los puntos ubicados en la parte alta de la quebrada Choloque presentaron facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, y concentraciones de Fe que superaron los ECA para Agua-Cat3. Sin embargo, luego de pasar por una ladera erosionada, cambiaron a sulfatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad, pero con alta concentración de metales; a su vez el pH varió a ligeramente ácido y se incrementó las concentraciones de Al, As, Cd, Fe, Mn y Pb, aguas abajo hasta superar el referido estándar. Del mismo modo el Hg en

los sedimentos aguas arriba presentó concentraciones que se encontraron por debajo de los valores de la CEQG, incrementando aguas abajo hasta superar el valor PEL de la norma. Así mismo, las comunidades hidrobiológicas registraron una disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, variando su calidad ecológica de «buena» a «pésima». Estos cambios se deben a las lluvias que generan escorrentías o deslizamientos de tierra sin cobertura vegetal alterada por las actividades mineras artesanales de la zona de Chupaya, lo que se corrobora con la presencia de sólidos suspendidos. Cabe mencionar que las concentraciones de metales en la quebrada choloque disminuyen luego de recibir el aporte del manantial FNat3.

Las quebradas La Vieja (QLVie1) y Sin nombre 2 (Qs/n2), evaluadas en marzo-2018, aportantes de la quebrada Choloque y ubicadas aguas arriba de las actividades mineras artesanales de la zona de Chupaya, de pH ácidos, presentaron concentraciones de Al, As, Fe y Mn, que incumplieron los ECA para Agua-Cat3. Con respecto a la hidroquímica, ambas presentan facies sulfatadas cálcicas. No obstante, según el diagrama de Ficklin, clasifica las aguas de la quebrada La Vieja con baja concentración de metales y cercanas a la neutralidad; mientras que, a la quebrada Sin nombre 2, la clasifica con baja concentración de metales, pero de aguas ácidas. La concentración de As y Pb en el sedimento de la quebrada La Vieja (SED-QLVie1) superó referencialmente el valor PEL de la CEQG.

La quebrada Shahuindo formada por la confluencia de las quebradas Choloque y Chupaya presentó valores de pH ligeramente ácidos y concentraciones de Al, Fe y Mn que incumplieron los ECA para Agua-Cat3; está quebrada presenta facies sulfatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de As y Hg en el sedimento de la quebrada Shahuindo superó el valor PEL de la CEQG. Además, las comunidades hidrobiológicas registraron valores bajos de riqueza y abundancia de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, con una calidad ecológica fue «pésima». Cabe mencionar que los aportes de la quebrada Choloque contribuyen a la disminución de las concentraciones de metales en agua y sedimentos, y a la disminución de la riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas.

Las aguas subterráneas del punto PZ-1, ubicado gradiente abajo del tajo, presentó pH ácido y concentraciones de OD, DQO, Al, Cu y Pb, que incumplieron referencialmente los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies sulfatadas potásicas y sus aguas son ácidas con baja concentración de metales.

Microcuenca Crisbamba (zona II)

En la quebrada Araqueda, evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, se observó que los valores de pH y Mn en el punto ubicado aguas abajo del centro poblado Araqueda, se incrementaron en relación al punto aguas arriba. Sin embargo, en los puntos evaluados, el pH y Mn incumplieron los ECA para Agua-Cat3 en marzo-2018. Además, en ambos puntos las facies son sulfatadas cálcicas y sus aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. Del mismo modo, las concentraciones de As y Cu en el sedimento (mayo-2017) se incrementaron hasta superar referencialmente el valor ISQG de la CEQG. Por otro lado, las comunidades hidrobiológicas mostraron el mismo comportamiento en ambos puntos, en cuanto a la riqueza y abundancia de las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos, resaltando la presencia de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera.

En la quebrada La Colpa, evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, en el punto aguas arriba los valores de pH y Mn incumplieron los ECA para Agua-Cat3, y al recibir el

aporte de las quebradas, el pH y Fe aumentan y el Mn disminuye, en el caso del Fe llegó a superar el estándar referido. Además, ambos puntos presentan facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de As y Hg en el sedimento (mayo-2017) aguas arriba superó el valor PEL de la CEQG, disminuyendo en el punto aguas abajo hasta por debajo de los valores de esta norma. Por otro lado, la riqueza y la abundancia de la comunidad del perifiton, y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos tuvieron un comportamiento similar en ambos puntos. La calidad ecológica del tramo evaluado fue «buena».

Subcuenca Condebamba (zona III)

En el tramo evaluado del río Condebamba las concentraciones de Al, Fe y Mn (mayo-2017) superaron los valores establecidos en los ECA para Agua-Cat3, en este sentido, los tributarios evaluados del río Condebamba, como los ríos Urupuyo (RUru1) y Chimín (RChi2) y la quebrada Lanla (QLan1) no influyeron en la calidad del río Condebamba (tramo evaluado). Además, las aguas del tramo evaluado presentan facies bicarbonatadas cálcicas, y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. Del mismo modo, la concentración de As en el punto aguas abajo se incrementó hasta superar referencialmente el valor PEL de la CEQG. Por otro lado, en el tramo evaluado, la riqueza de la comunidad del perifiton varió de 5 a 33 taxa y la riqueza de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos varió de 2 a 3 taxa.

Respecto a los aportantes en mayo-2017, el río Urupuyo (RUru1) y la quebrada Lanla (QLan1) cumplieron los parámetros evaluados de los ECA para Agua-Cat3. Además, presentan facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. Con respecto a los sedimentos, la concentración de As en la quebrada Lanla (SED-QLan1) superó referencialmente el valor ISQG de la CEQG. Por otro lado, la concentración de Cu en el río Chimín (RChi2) superó los ECA para Agua-Cat3, además de facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. Con respecto a sus sedimentos (SED-RChi2), presentaron concentraciones de As, Cd y Cu que superaron referencialmente el valor ISQG de la CEQG.

Microcuenca Cañarís (zona IV)

Con respecto a los tributarios evaluados del río Cañarís, la quebrada Tranca El Agua (QTEAg1), evaluada en marzo-2018, presentó una concentración de Mn que superó los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. Por otro lado, la quebrada Caipuro (QCai1), evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, presentó pH ácidos y concentraciones de Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn, que superaron los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies bicarbonatadas cálcicas y aguas ácidas con alta concentración de metales. Los sedimentos de este punto (SED-QCai1) presentaron concentraciones de As, Cd, Co y Zn que superaron referencialmente el valor PEL de la CEQG. Cabe mencionar que en esta quebrada se observó actividades de pequeña minería en su parte alta.

El efluente EF-Alg1, ubicado en la bocamina «Nivel 5», presentó pH ácido y concentraciones de SST, As, Cd, Cu, Zn y Fe disueltos, que superaron los LMP de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas (2010). Además, presenta facies hipersulfatadas cálcicas y aguas altamente ácidas con extrema concentración de metales.



↑
J
f
u
ST

En el tramo evaluado del río Cañarís (mayo-2017 y marzo-2018), se aprecia que la quebrada Tranca el Agua (QTEAg1) no influye en su acidez ni en el incremento en la concentración de metales, sin embargo, luego de recibir los aportes de la quebrada Caipuro (QCai1) y del efluente (EF-Alg1) de la bocamina «Nivel 5», su pH disminuye a ligeramente ácido y se incrementa las concentraciones de As, Cd, Cu y Fe, superando los ECA para Agua-Cat3, con respecto al punto ubicado aguas arriba. Además, en el punto aguas abajo cambiaron las facies de bicarbonatada cálcica a sulfatada cálcica y sus aguas pasaron de cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales a cercanas a la neutralidad, pero con alta concentración de metales. De igual manera, la concentración de As y Cu en el sedimento del punto ubicado aguas abajo (SED-RCañ2) se incrementó hasta superar referencialmente el valor PEL de la CEQG. Así mismo, las comunidades hidrobiológicas registraron una considerable disminución de los valores de abundancia y riqueza de perifiton de 25 y 28 taxa a 3 y 4 taxa, y en macroinvertebrados bentónicos de 10 y 13 taxa a 5 y 7 taxa. Dicha alteración en el tramo del río Cañarís se debe al efluente de la bocamina «Nivel 5» y la quebrada Caipuro. Cabe señalar que el río Cañarís luego de recibir diferentes aportes de otras quebradas aguas abajo, cambia de nombre a río Chimín, analizado en la subcuenca del río Condebamba, en el cual solo la concentración de Cu, superó el estándar referido.

El depósito de relaves (pasivo ambiental minero), con código SED-REL-ALG, ubicado aguas abajo del tramo evaluado y en la margen derecha del río Cañarís, presentó elevadas concentraciones de As, cd, Cu, Hg, entre otros.

El manantial FNat23, ubicado en el caserío Rosa Huayta, cumplió referencialmente con los valores establecidos en los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

Microcuenca El Pacae (zona V)

Con respecto a los aportantes de la quebrada Los Merinos, evaluados en marzo-2018, la quebrada Sin nombre 3 (QRMach1) presentó pH ácido y concentraciones de Al y Mn que superaron los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies hipersulfatadas cálcicas y aguas ácidas con baja concentración de metales. Así mismo, las concentraciones de As y Hg en el sedimento (SED-QRMach1) superaron el valor PEL de la CEQG.

Los manantiales LTap1 y FNat14 de pH ácidos, presentaron concentraciones de Mn, que superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3, y facies hipersulfatadas cálcicas, y aguas ácidas con baja concentración de metales. Mientras que en el manantial FNat8 de pH neutro, ningún parámetro evaluado superó la referida norma. Además, presenta facies mixtas (bicarbonatada, sulfatada sódica – magnésica) y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

Estos tributarios no influyen en la calidad de la quebrada Los Merinos, puesto que el pH ácido y la concentración de Mn, que incumplieron los ECA para Agua-Cat3, no presentaron cambios desde su nacimiento hasta su confluencia con la quebrada Sauce (QLMer1A, QLMer1B, QLMer1 y QLMer2). Con respecto a la hidroquímica, presentan facies hipersulfatadas cálcicas; no obstante, en los 3 primeros puntos, sus aguas son ácidas con alta concentración de metales, mientras que en el punto QLMer2, ubicado antes de la confluencia con la quebrada Sauce, se mantienen ácidas, pero con baja concentración de metales.

La concentración de As y Hg en el sedimento del punto ubicado aguas abajo (SED-QLMer2) se incrementó hasta superar el valor PEL de la CEQG, con respecto al punto ubicado aguas arriba (SED-QLMer1). Además, la riqueza y abundancia de las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos del tramo evaluado presentaron valores bajos y una «pésima» calidad ecológica, debido a las características ácidas y metálicas de esta quebrada. Se destacan los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria (microalgas) y el orden Díptera (macroinvertebrados bentónicos).

Por otro lado, en la quebrada Sauce (QSau1), evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, ningún parámetro evaluado incumplió los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies bicarbonatadas cálcica-magnésica y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de As en el sedimento superó el valor PEL de la CEQG. Así mismo, en esta quebrada se presentaron valores altos de riqueza y abundancia de las comunidades del perifiton (11 y 15 taxa) y macroinvertebrados bentónicos (16 y 20 taxa), así como una «buena» calidad ecológica, destacando los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria (microalgas) y los órdenes Ephemeroptera, Odonata y Trichoptera (macroinvertebrados bentónicos).

La quebrada El Pacae (QEPac1), evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, que se forma por la confluencia de las quebradas Los Merinos y Sauce, presentó pH ácido y concentraciones de Mn que incumplieron los ECA para Agua-Cat3, debido a la influencia de la quebrada Los Merinos. Además, este punto presenta facies hipersulfatadas mixtas (magnésicas-cálcicas) y aguas ácidas con baja concentración de metales. Del mismo modo, la concentración de As que superó el valor PEL de la CEQG, se incrementó en el punto SED-QEPac1, en relación a los puntos evaluados en las quebradas Los Merinos (SED-QLMer2) y Sauce (SED-QSau1).

La quebrada Higuerón (QHig1), evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, presentó concentraciones de Al, Fe, Mn y Pb que superaron los ECA para Agua-Cat3 (marzo-2018), sin embargo, en mayo-2017 todos los parámetros evaluados cumplieron con el estándar referido. Además, en ambos meses presentan facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de As en el sedimento superó el valor PEL de la CEQG.

La quebrada Contrahierba (QCHie1), evaluada en mayo-2017 y marzo-2018, presentó pH ácido que incumplió los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales. La concentración de As en el sedimento superó el valor PEL de la CEQG.

Las aguas subterráneas (PZ-1), evaluada en marzo-2018, ubicado gradiente abajo del depósito de material excedente sur, presentó concentraciones de Fe, Mn y Pb, que superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3. Además, presenta facies sulfatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

Microcuenca Chiraque (zona VI)

En el tramo evaluado de la quebrada Moyán, evaluado en mayo-2017 y marzo-2018, el punto ubicado aguas arriba (QMoy1) presentó una concentración de Mn que superó los ECA para Agua-Cat3. En el punto ubicado aguas abajo (QMoy2) las concentraciones de metales disminuyeron y el pH se incrementó incumpliendo este estándar (mayo-2017). Además, en el punto aguas abajo cambiaron las facies de bicarbonatada cálcica a sulfatada cálcica-magnésica, con respecto al punto aguas



↑ J
f
y
g

arriba; pero ambos puntos, presentan aguas cercanas a la neutralidad y baja concentración de metales.

Así mismo, solo la concentración de As en el sedimento del punto ubicado aguas arriba superó el valor PEL de la CEQG; sin embargo, el punto ubicado aguas abajo no superó dicho valor de la norma. Del mismo modo, el punto ubicado aguas arriba presentó una riqueza de las comunidades de perifiton de 13 y 16 taxa y de macroinvertebrados bentónicos de 11 y 12 taxa, incrementándose en el punto ubicado aguas abajo hasta 27 y 38 taxa para la riqueza de las comunidades de perifiton y hasta 16 y 21 taxa en el caso de los macroinvertebrados bentónicos. Ambos puntos registraron presencias de Ephemeroptera, Trichoptera y Díptera, siendo esta última orden la que presentó mayor riqueza.

Los tres manantiales ubicados en la parte alta de la quebrada Moyán (FNat11, FNat11A y FNat11B) presentaron pH variables, de estos, solo el pH del manantial FNat11 incumplió referencialmente los ECA para Agua-Cat3. Además, estos manantiales presentan facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con bajas concentraciones de metales.

Microcuenca Shingomate (zona VII)

En relación a las quebradas aportantes de la quebrada Shingomate, se evaluaron las quebradas La Chilca (QChil1), El Grajo (QEGra1), Cabrejos (QCab1) y La Fila (QLFil1) en marzo-2018, siendo solo el pH y Mn en la quebrada La Chilca y el Mn en la quebrada El Grajo los que incumplieron los ECA para Agua-Cat3, así mismo, ningún parámetro evaluado en las quebradas Cabrejos y La Fila incumplió este estándar. Además, estas 4 quebradas presentan facies sulfatadas cálcicas, sin embargo, las quebradas El Grajo, Cabrejos y La Fila presentan aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, y la quebrada La Chilca, ácidas con baja concentración de metales.

Así mismo, la concentración de As en sedimentos de las quebradas La Chilca (SED-QChil1) y Cabrejos (SED-QCab1), y el As y Pb en la quebrada El Grajo (SED-QEGra1) superaron el valor PEL de la CEQG. Además, las quebradas El Grajo, Cabrejos y La Fila presentaron valores altos de riqueza y abundancia de las comunidades del perifiton (14, 18 y 17 taxa) y macroinvertebrados bentónicos (7, 10 y 8 taxa), en relación a la quebrada Shingomate. Estas quebradas presentaron una «buena» calidad ecológica.

En el tramo de la quebrada Shingomate evaluado en marzo-2018, el punto QShi1a presentó concentraciones de Cd y Mn que superaron los ECA para Agua-Cat3; sin embargo, al pasar sus aguas por el cerro Cushpibo (donde se emplazaron el grupo de mineros informales llamados «La Chilca»), en los puntos QShi1b y QShi1c, los valores de pH disminuyeron y aumentaron las concentraciones de SO₄, Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn hasta incumplir el estándar referido. Aguas abajo de los puntos mencionados, luego de recibir los aportes de los manantiales y las quebradas Cabrejos y La Fila, se apreció un incremento en los valores de pH hasta ser básicos y una disminución en las concentraciones de metales en los puntos QShi1 y QShi2; sin embargo, las concentraciones de Cu siguieron superando el estándar en ambos puntos, mientras que el Cd y Mn solo en el punto QShi1.

Con respecto a la hidroquímica, el tramo evaluado de la quebrada Shingomate presenta facies sulfatadas cálcicas; sin embargo, el punto QShi1a presenta aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales, que luego de pasar por el cerro Cushpibo, en los puntos QShi1b y QShi1c cambia a altamente ácidas con

extremas concentraciones de metales; y posteriormente, luego de recibir los aportes de los manantiales y las quebradas Cabrejos y La Fila, vuelve a cambiar a cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales en los puntos QShi1 y QShi2.

Así mismo, en sedimentos, el punto SED-QShi1a presentó concentraciones de As, Cd y Pb que superaron referencialmente el valor PEL de la CEQG, y luego del paso de la quebrada Shingomate por la zona del cerro Cushpibo, las concentraciones de As, Cd, Cu, Pb y Zn se incrementaron en los puntos SED-QShi1b y SED-QShi1c hasta superar referencialmente el valor PEL de la norma; posteriormente, luego de recibir el aporte de las quebradas, disminuye las concentraciones de estos metales, pero manteniéndose el As y Cd en los puntos SED-QShi1 y SED-QShi2 por encima del valor PEL de la norma.

En ese mismo sentido, en el punto HID-QShi1a se presentaron valores bajos de riqueza y abundancia en perifiton (3 taxa) y macroinvertebrados bentónicos (2 taxa), resaltando la especie *Atopsyche* sp, y luego del paso por la zona del cerro Cushpibo, disminuyó su riqueza de perifiton a 2 taxa y en macroinvertebrados bentónicos a 0 taxa en el punto HID-QShi1b; posteriormente, luego de recibir el aporte de las quebradas se incrementó, registrando en los puntos HID-QShi1 y HID-QShi2, en perifiton 2 y 3 taxa y en macroinvertebrados bentónicos 3 y 3 taxa, resaltando las especies *Hemiosus* sp. y *Maruina* sp.

La concentración de metales en los manantiales FNat26, FNat21a, FNat21, FNat20 y FNat24, ubicados entre los puntos QShi1c y QShi1, no superaron referencialmente los ECA para Agua-Cat3, siendo solo el pH ácido del manantial Fnat21a, el que incumplió referencialmente el estándar. Además, estos manantiales presentan facies bicarbonatadas cálcicas y aguas cercanas a la neutralidad con baja concentración de metales.

9.2. Calidad de aire

Los 4 puntos de calidad de aire fueron evaluados en un periodo de 4 días (mayo-2017), de los cuales 3 se ubicaron en barlovento: CA-MAlt1, CA-MBaj1 y CA-MFlo1, y 1 en sotavento: CA-MBaj1. Para el periodo de monitoreo, las mayores concentraciones de PM10 se registraron en el punto CA-SJos1 (sotavento) siguiendo la dirección preferencial de los vientos, tal como fue ratificado por las mediciones meteorológicas realizadas. Este comportamiento confirma que los valores registrados en sotavento estarían influenciados por los caminos y operaciones de la UM Shahuindo.

En ese sentido, las concentraciones de material particulado PM10 obtenidas en los puntos CA-MBaj1 (caserío Moyán Bajo), CA-MAlt1 (caserío Moyán Alto) y CA-MFlo1 (caserío Maximas Flores) cumplieron con los ECA para Aire (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM); sin embargo, el punto CA-SJos1 (caserío San José) excedió este estándar durante 3 días de monitoreo, lo cual sería atribuible a las caminos y vías de acceso del caserío.

Los resultados del punto CA-MFlo1, ubicado en el caserío Maximas Flores (a barlovento de la UM Shahuindo) presentaron concentraciones de metales menores al límite de cuantificación.



↑
Jf
y
A

Por otro lado, las concentraciones de metales en PM10 en los 4 puntos evaluados cumplieron en todos los casos con los valores de referencia de la norma canadiense (AAQC). Siendo solo los metales Cr, Cu, Mn y U que presentaron concentraciones superiores al límite de cuantificación en al menos 1 día.

10. ANEXOS

- Anexo A : Participación ciudadana
- Anexo B : Mapas
- Anexo C : Reporte de campo
- Anexo D : Reporte de resultados
- Anexo E : Versión digital del informe N°0067-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armienta-Hernández, M.A., Rodríguez-Castillo, R., Ceniceros N., Juárez F., Cruz O., (1996). Distribution, origin and fate soils in Guanajuato Mexico: Environmental Pollution, 9, 391-397.

Arranz-González, J.C. (2008): Planes de actuación sobre territorios con abundantes pasivos ambientales mineros. Seminario: Evaluación y recuperación ambiental de espacios mineros. Pasivos ambientales mineros. Centro de Formación de la AECID, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 14 a 17 de octubre, pp. 2.

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). 1999. Reseña toxicológica del mercurio y compuestos del mercurio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 13 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). 2000. Reseña toxicológica del cromo. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 10 p.

Barrera, J. & Váldez, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Revista de la Facultad de Ciencias. Edición especial II, Vol. 12, 11-24.

Bray J. & Curtis J. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27: 325-349.

Bray, J. P., P. A. Broady, D. K. Niyogi, and j. s. Harding. (2008). Periphyton communities in New Zealand streams impacted by acid mine drainage. Marine and Freshwater Research 59:1084–1091.

Connell W.D. y Miller J.G. (1984). Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. Willey and Sons. Nueva York, 446 p

Crisci, J. & López, F. (1983). Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Secretaría General de la O.E.A., Washington D.C.

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

De La Rosa, A., Moreno, L., y Núñez, I. (2010). Calidad química de las aguas subterráneas en una zona de actividad minera (Cuenca del Bierzo – León. Boletín Geológico y Minero. 121 (1): 103-122.

De Nicola, D. M. & M. G. Stapleton. (2000). Recovery of streams following passive treatment for acid mine drainage. Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 27: 3034–3039.

Domínguez, E. & H.R. Fernández (Eds.). 2009. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 655pp.

Encalada A.C., Rieradevall M., Ríos Touma B., García, N. y N. Prat. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERAS-S). Quito: USFQ, UB, AECID, FONAG.

Farris, J. L., S. E. Belanger, D. S. Cherry & J. Cairns Jr. (1989). Cellulolytic activity as a novel approach to assess long-term zinc stress to *Corbicula*. Water Research 23: 1275–1283.

Fetter, C.W., (1999). Applied Hydrogeology: Estados Unidos de América, Prentice Hall 4th edition, 589 p.

García-Alzate C., Román-Valencia, C., Vanegas-Ríos, A. & Arcila-Mesa, D. (2007). Análisis fisicoquímico y biológico comparado en dos quebradas de altamontaña neotropical. Revista de Investigaciones-Universidad del Quindío, 17: 57-80 pp.

Gibbs, R. J. (1970). *Mechanisms Controlling World Water Chemistry*. Science, New Series, Vol. 170, No. 3962, American Association for the Advancement of Science, p. 1088-1090.

González, H. & Ramirez, M. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. J. Geochem. Explore 52 (1-2): 183-192.

Gray N.F. (1997). Environmental impact and remediation of acidmine drainage: a management problem. Environ. Geol. 30, 62-71.

Hammer, Ø.; Harper, D. & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.12) [Software]. Disponible desde <http://folk.uio.no/ohammer/past/>

Hem D.J. (1992). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, EUA, 263 p.

Hill, M. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. Ecology, 54(2): 427-432.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. Oikos, 113: 363-375.

Instituto Geológico y Minero de España - IGME. (1985). Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Informe de Síntesis. Pp 79-81.

Lillo, J. 2015. Impactos de la minería en el medio natural. Grupo de Geología – Universidad Rey Juan Carlos. 30-35 pp.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADirección de
Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Machado, T. & G. Roldán. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actual. Biol.* 10: 47-61

Marrugo, J., Lans, E., Doria, G., Bello, L., Castillo, M., Cortes, F. & Pinedo, J. (2006). Impacto ambiental por contaminación con níquel, mercurio y cadmio en aguas, peces y sedimentos en la cuenca del Río San Jorge, en el Departamento de Córdoba. Universidad de Córdoba, Centro de Investigaciones – CIUC. Monteiro, Colombia, 109 p.

Merrit, R.W., Cummins, K.W. & Berg, M.B. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Fourth Edition. Kendall/Hunt. Co. 1218pp.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2012). *Lista Anotada de los Peces de Aguas Continentales del Perú*. (2da. Edición). Lima. Por Ortega, T.H., Hidalgo M., Correa, E., Trevejo, G., Meza, V., Cortijo, A.M. y Espino, J.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Aprobado mediante R.M. N° 085-2014-MINAM. Lima, Perú.

Oyarzun, R., Oyarzún, J., Ménard, J y Lillo, J. 2003. The Cretaceous iron belt of northern Chile: role of oceanic plates a superplume event, and a major shear zone. *Mineralium Deposita*, 38: 640-646.

Peet, R. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 5: 285–307.

Pielou, E. (1975). *Ecological Diversity*. John Wiley, New York. 165 pp.

Plumlee, G., Smith, K., Montour, M., Ficklin, W. & Mosier E. (1999). Geologic controls on the composition of natural waters and mine waters draining diverse mineral-deposit types. *Reviews in Economic Geology*, 6A and 6B, 373-435.

Plumlee, G., Smith, K. & Ficklin, W. (1994). Geoenvironmental models of mineral deposits, and geology-based mineral-environmental assessments of public lands. U.S. Geological Survey, 94(203), 1-7.

Puigcerver, M., & Dolores Carrascal, M. (2008). *El medio atmosférico: meteorología y contaminación*. Barcelona.

Prat, N., C. Villamarín y M. Rieradevall. 2013. *Aplicación CABIRA (Calidad Biológica de los ríos Altoandinos)*. Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Universitat de Barcelona, 23 pp.

Ramírez, M., Sabido, M., Aguilar, C., Cerón, R., De La Cruz, C & Argáez, E. 2005. Estudio de metales pesados en sedimentos del arroyo La Celta, Ciudad del Carmen, Campeche.

Red Muqui. 2015. *Los pasivos ambientales mineros: Diagnóstico y propuestas*. Lima – Perú. 8-47 pp.

Robles, J., Armienta, M.A. (2000). Natural Chromium Contamination of Groundwater at Leon Valley, Mexico: *Journal of Geochemical Exploration*, 68, 167-181.



1
f
f
y
st



Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Edit. Universidad de Antioquia. Medellín. 529p.

Roldán, G. & Ramirez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. 2da. Edición, Fen-Universidad de Antioquia, Medellín. 440 pp.

Ruiz, E.; Echenandía, A. & Romero, F. 1996. Relaciones entre agua y sedimento en río de origen orrencial. Limnética, 10(1), 101-107.

Salomón, W. (1995). Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention. Journal of Geochemical Exploration 52, 5-23.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (2017). Tomado de <https://senamhi.gob.pe/?p=avisos-detalle&a=2017&b=032&c=022&d=SENA> el 12 de Julio de 2018.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (2017). Tomado de <https://senamhi.gob.pe/?p=avisos-detalle&a=2017&b=032&c=022&d=SENA>, el 12 de Julio de 2018.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (2017). Tomado de <https://senamhi.gob.pe/?p=avisos-detalle&a=2017&b=032&c=022&d=SENA>, el 12 de Julio de 2018.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (2017). Tomado de <https://senamhi.gob.pe/?p=avisos-detalle&a=2017&b=034&c=022&d=SENA>, el 12 de Julio de 2018.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (2017). Tomado de <https://senamhi.gob.pe/?p=avisos-detalle&a=2017&b=036&c=022&d=SENA>, el 12 de Julio de 2018.

Sokal, R. & Michener, C. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. University of Kansas Science Bulletin, 38: 1409-1438.

Sokal, R. & Sneath, P. (1963). Principles of numerical taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco.

Turekian, K. & Wedepohl, K. 1999. Distribution of the elements in somber mayor units of the earth's Crust. Geolical Society of America Bulletin 72, 175-192 pp.

Webster, J. G., Swedlund, P. J. y Webster, K. S. (1998). Environmental Science and Technology, 32, 1361-1368.

Williams S.L., Aulebanch D.B. y Clesceri N. L. (1976). Sources and distribution of trace metals in aquatic environments. En: Aqueous environmental chemistry of metals (A. J. Rubin, Ed.). Ann Arbor Science Michigan, pp. 77-127.